

Федеральное государственное автономное
Образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт Управления Бизнес-Процессами и Экономики
«Бизнес-Информатика»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.Н. Пупков
подпись

«_____» _____ 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

38.03.05.02 «Бизнес-информатика (Электронный бизнес)»

«Разработка электронного сервиса для расчета экономической эффективности оборудования
по производству возобновляемой энергии в частных домохозяйствах Красноярского края

Руководитель _____ доцент кафедры БИ, к.т.н. И.А. Панфилов
подпись, дата

Выпускник _____ М.С. Елизарьева
подпись, дата

Нормоконтролер _____
подпись, дата

Красноярск 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Анализ используемых в Красноярском крае источников электроэнергии	5
1.1 Анализ рынка производства электроэнергии в России и Красноярском крае	5
1.2 Анализ технологий альтернативных источников энергии	24
1.3 Современное состояние АИЭ в России и Красноярском крае	44
2 Обоснование разработки электронного сервиса по продвижению АИЭ	53
2.1 Обоснование использования альтернативных источников энергии для частных домохозяйств в Красноярском крае. Анализ погодных условий в Красноярском крае	53
2.2 Анализ финансово-хозяйственной деятельности ООО «Партнер»	68
2.3 Обоснование необходимости разработки информационно-аналитического ПО по расчету эффективности использования альтернативных источников энергии	71
3 Разработка информационно-аналитического программного обеспечения по расчету экономической эффективности использования АИЭ	80
3.1 Разработка алгоритмического и математического обеспечения.....	80
3.2 Программная реализация алгоритмического обеспечения сервиса. Интеграция разработанного обеспечения.....	91
3.3 Оценка экономической эффективности внедрения информационной системы.....	103
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	107

ВВЕДЕНИЕ

Нормальное существование населения и всех предприятий России в настоящее время напрямую зависит от такой отрасли, как электроэнергетика. Обеспечение электроэнергией реализуется посредством традиционных и нетрадиционных (альтернативных) источников энергии. Использование традиционных источников в настоящее время связано с большим перечнем проблем. Во многих странах Европы и в США на смену традиционным пришли альтернативные источники энергии (АИЭ).

В России использование АИЭ занимает сотые доли процента от общей установленной и произведённой мощности всей электроэнергии по стране. Это связано с рядом причин. Одной из них является низкая степень информированности о возможностях использования АИЭ. Тем не менее, использование традиционных источников, преобладающих в России, сопровождается экологическими проблемами, а также надвигающейся проблемой истощаемости природных ресурсов.

Масштабное внедрение АИЭ в энергосистему России на данный момент не является первостепенной задачей, стоящей перед государством.

Актуальность данной работы обусловлена следующим: использование АИЭ в частных домохозяйствах страны может решить массу проблем. Например: отсутствие доступа к традиционным источникам энергии, перебои с энергообеспечением, высокая стоимость киловатта электроэнергии и другие.

Прежде чем домохозяйства станут внедрять АИЭ для собственного энергообеспечения, необходимо определить состав оборудования электростанции и экономическую эффективность внедрения такой станции. Это связано с большим количеством расчетов, которые характеризуются сложностью и высокими временными затратами. Решение данной проблемы возможно с помощью автоматизации данных расчетов.

Предмет исследования – факторы, повышающие популярность использования альтернативных источников энергии в частных домохозяйствах на территории Красноярского края.

Целью данной работы является разработка информационного обеспечения для расчёта экономической эффективности и состава оборудования при использовании альтернативными источниками энергии частными домохозяйствами.

Задачи, которые необходимо решить для реализации данной цели:

- провести анализ используемых в Красноярском крае источников электроэнергии;
- провести анализ существующих законодательных актов РФ и за рубежом относительно альтернативных источников энергии;
- определить доступные для Красноярского края альтернативные источники энергии;
- разработать информационно-аналитическое обеспечение по расчёту стоимости электроэнергии из альтернативных источников;
- разработать математическую модель расчёта выбора состава оборудования под потребности заказчика;
- провести оценку экономического эффекта от внедрения разработанного информационно-аналитического ресурса.

В первой главе данной работы приведён анализ используемых источников электроэнергии в Красноярском крае, во второй главе – обоснование разработки электронного сервиса по продвижению АИЭ, в третьей – описание разработки информационно-аналитического программного обеспечения и оценка экономической эффективности разработки.

1 Анализ используемых в Красноярском крае источников электроэнергии

1.1 Анализ рынка производства электроэнергии в России и Красноярском крае

Нормальное существование населения и всех предприятий России в настоящее время напрямую зависит от такой отрасли, как электроэнергетика. Единая энергетическая система России (ЕЭС России) состоит из 69 региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют 7 объединенных энергетических систем: Востока, Сибири, Урала, Средней Волги, Юга, Центра и Северо-Запада. Все энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением 220-500 кВ и выше и работают в синхронном режиме (параллельно) [1].

Объемы потребления и выработки электроэнергии в целом по России суммируются из показателей энергопотребления и выработки объектов, работающих в Единой энергетической системе, и объектов, относящихся к изолированным энергосистемам (рисунок 1).



Рисунок 1—
Карта Единой энергетической системы и технологически изолированных энергосистем России

Изолированная энергосистема— это энергосистема, не имеющая электрических связей для параллельной работы с другими энергосистемами [2, с. 13]. К таким энергосистемам относятся: Таймырская, Камчатская, Сахалинская, Магаданская, Чукотская энергосистема, энергосистема Центральной и Западной Якутии, а также Крымская энергосистема.

В электроэнергетический комплекс ЕЭС России входит около 700 электростанций мощностью свыше 5 МВт. На 1 января 2017 года общая установленная мощность электростанций ЕЭС России составила 236343,63 МВт. На рисунке 2 представлена динамика изменения мощностей электростанций ЕЭС России.

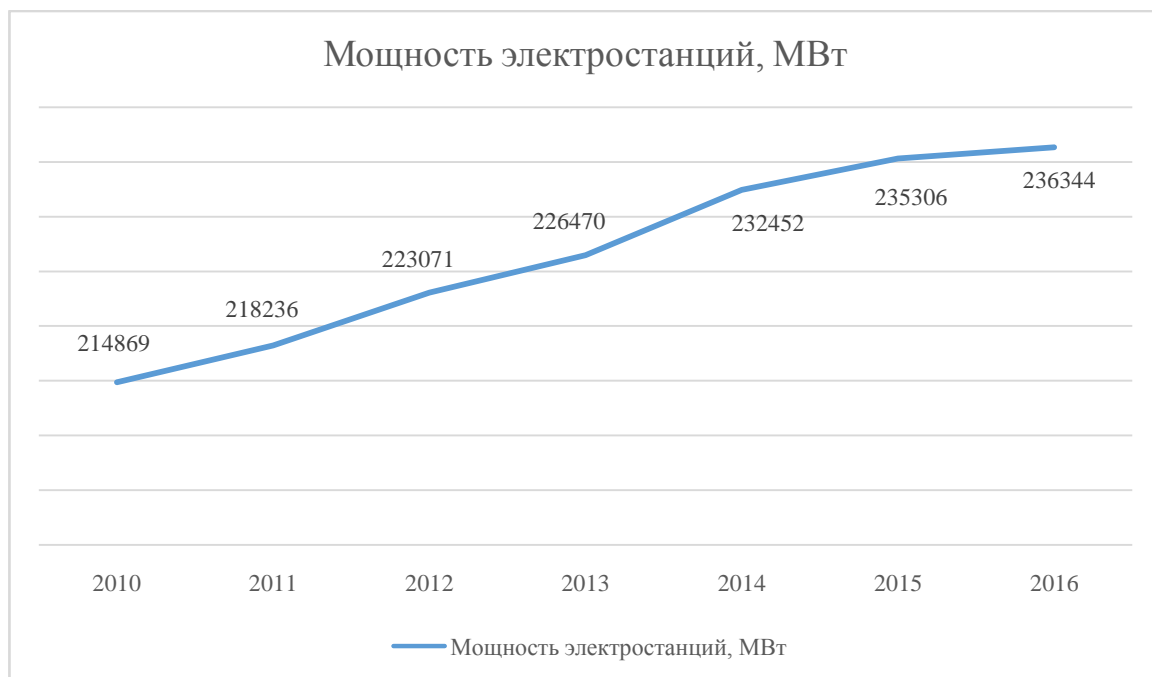


Рисунок 2—
Установленная мощность электростанций ЕЭС России в период с 2010 по 2016 гг.

Потребление электроэнергии каждым годом растёт. По данным АО «СО ЕЭС» объём потребления электроэнергии в Единой энергосистеме России в 2016 году возрос на 1,8% относительно 2015 года и составил 1026,7 млрд кВт/ч [3]. На рисунке 3 представлена динамика роста потребления электроэнергии ЕЭС России.



Рисунок 3—Динамика потребления электроэнергии в ЕЭС России

Потребление электроэнергии в целом по России в 2016 году составило 1054,4 млрд кВт/ч, что на 1,7% больше, чем в 2015 году. Без учета влияния дополнительного дня високосного года электропотребление России в целом увеличилось на 1,4% (рисунк 4).



Рисунок 4—Потребление электроэнергии в целом по России

Рост потребления электроэнергии в 2016 году связан с снижением температуры наружного воздуха. Так, в январе 2016 года температура наружного воздуха в ЕЭС России снизилась на 4,6% относительно прошлого года, из-за чего потребление электроэнергии в энергосистеме увеличилось на 2,2% [4]. Указанный период наиболее значительный прирост потребления электроэнергии наблюдался в объединенных энергосистемах Северо-Запада и Сибири.

Электростанции ЕЭС России в 2016 году выработали 1048,3 млрд кВт/ч, что на 2,1% больше, чем в 2015 году (рисунок 5).



Рисунок 5 – Выработка электроэнергии в ЕЭС России

Без учета влияния дополнительного дня високосного года выработка электроэнергии по ЕЭС России и по России в целом увеличилась на 1,8%.

В России используются следующие типы электростанций:

- тепловые электростанции (ТЭС);
- гидроэлектростанции (ГЭС);
- атомные электростанции (АЭС);
- альтернатив-

ные, к которым относятся ветряные электростанции (ВЭС) и солнечные электростанции (СЭС).

В 2016 году производство электроэнергии по типу электростанций составило [5, с. 22]:

- ТЭС – 673675,8 млн. кВт/ч (из них 59324,0 млн. кВт/ч выработано электростанциями промышленности и предприятий);
- ГЭС – 178306,1 млн. кВт/ч;
- АЭС – 196397,8 млн. кВт/ч (из них 252,3 млн. кВт/ч выработано электростанциями промышленности и предприятий);

- ВЭС–5,0млн.кВт/ч;
- СЭС–71,7млн.кВт/ч.

Структура выработки электроэнергии по типам электростанций ЕЭС России в 2016 году приведена на рисунке 6. Выработка электроэнергии с помощью альтернативных источников энергии (ВЭС и СЭС), объединена в ГЭС по признаку возобновляемости энергоресурса.

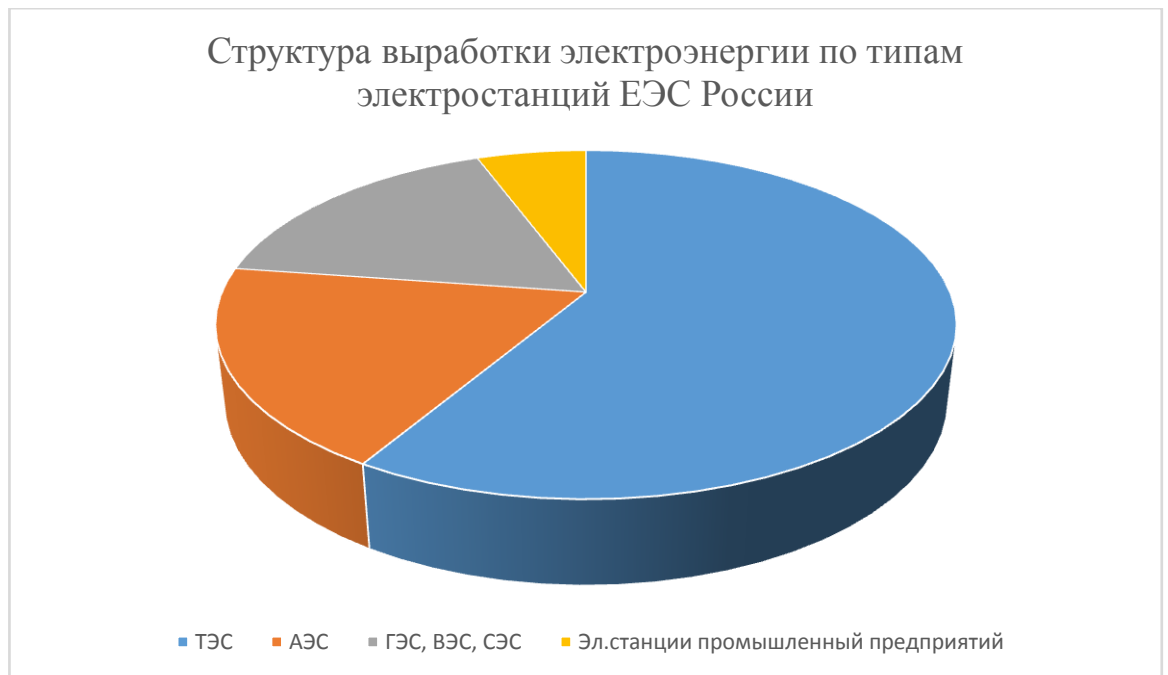


Рисунок 6–

Структура выработки электроэнергии по типам электростанций ЕЭС России.

Рассмотрим подробно типы электростанций, генерирующих электроэнергию в РФ, их основные характеристики, а также преимущества и недостатки.

1. Тепловая электростанция (ТЭС) – электростанция, вырабатывающая электрическую энергию в результате преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сжигании органического топлива [7]. К органическому топливу относят: природный газ, уголь, жидкое топливо (мазут) и альтернативные виды топлива.

Структура расхода топлива на тепловых электростанциях России за 2016 год представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – Структура расхода топлива на ТЭС России в 2016 году

По отношению к 2015 году объёмы потребления топлива тепловыми электростанциями несколько изменились. Так, объём потребляемого газа составил 163,5 млрд кубм (рост на 1,4%), угля – 111,5 млн т (снижение на 5,9%), нефти и топлива – 3,2 млн т (рост приблизительно в 2,5 раза) [8, с. 10]. Рост объёма потребления нефти связан в 2016 году с увеличением объёмов расхода мазута в Республике Башкортостан и Волгоградской области на фоне кратковременного снижения цен поставки, а также с увеличением объёмов расхода дизельного топлива на МГТЭС Республики Крым и г. Севастополь.

К преимуществам эксплуатации ТЭС можно отнести относительно низкое привлечение денежных средств, возможность расположения в любой точке, а также одновременная выработка пара и тепловой энергии, которые могут быть задействованы в отопительных системах.

Одна-
ко, данные виды электростанций имеют существенные недостатки. В процессе сгорания топлива образуются вредные для человеческого здоровья и окружающей среды продукты: летучая зола, частички несгоревшего пылевидного топлива, серный и сернистый ангидрид, оксид азота, газообразные продукты неполного сгорания [9].

Особенно значительный вред окружающей среде оказывают золовые и шлаковые отвалы ТЭС [10]. В результате воздействия вредными соединениями и тяжелыми металлами загрязняется прилегающая территория, включая поверхностные и грунтовые воды. Привозникновения и/или усиления ветра, зола и зола отвалов поднимается в воздух, образуя пыльные бури, усугубляя санитарную обстановку прилегающих районов. Не менее значительный вред оказывает сброс сточных вод ТЭС в водоемы.

Согласно данным Росстата, выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от добычи топливно-энергетических полезных ископаемых, в 2015 году составили 4303,7 тыс. тонн, уступая только обрабатывающей промышленности (5968,6 тыс. тонн) [11]. Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых занимает первое место по количеству отходов производства и потребления и составляет 3106,6 миллионов тонн.

Ещё одним существенным недостатком эксплуатации ТЭС является затруднительная добыча и невозможность использования ресурсов. Проанализировав прогноз исследований и разработок [12, 13, 14], можно сделать вывод, что в недалёком будущем органическое топливо в виде топливно-энергетических ресурсов сможет удовлетворить спрос лишь частично.

2. Гидроэлектростанция(ГЭС)—
электростан-
ция,преобразующаямеханическуюэнергиюводывэлектрическуюэнергию[15].

В2016годуобъёмпроизводстваэлектрическойэнергиигидроэлектростанция
мисостави-
ло186,7млрдкВт/ч.Относительнообъёмовпроизводства2015годаприростсостави
л9,8%.Этосвязаносулучшениемгидрологическойобстановкииповышениемзапас
овводывводохранилищахГЭСнарекахЕвропейскойчастиРоссии,Ангаро-
ЕнисейскомкаскадеинарекахДФОвпер-
вом,второмитретьемкварталах2016г[8,с.16].

Вотличиеоттеплоэлектростан-
ций,наГЭСдлягенерированияэлектроэнергиииспользуетсясилаводы(мощностьп
отокарек)—
возобновляемыйэнергоре-
сурс;топливо,котороененужнодобывать,обрабатыватьитранспортировать.Поми
мовосполняемотиресур-
са,использованиегидроэлектростанцийимеетследующийрядпреимуществ[16,17]
:

- отсутствиеотходовивредныхвыбросовватмосферу;
- долгийсрокэксплуатации;
- низкаясебестоимостьвоспроизводимойэлектроэнергии;
- возможностьрегулироватьвыработкуэлектроэнергииивзависимостиот
еёпотребности.

Данныйспособполученияэлектроэнергиинеотноситсякабсолютноэкологич
ным.Во-
пер-
вых,врезультатестроительстваГЭСпроисходитзатоплениеводохранилищамипло
дородныхзе-
мель,атакжеплощадей,покрытыхлесныминасаждениями.Так,площадьзеркалаКр
асноярскоговодохранилищасоставля-

ет 2135 км^2 . Лесопокрытая площадь, оказавшаяся за топленой водохранилищем, составляет 815 км^2 [18]. При подготовке к заводу водохранилищ проводится выборочная (частичная) рубка древесных пород (которая направляется на лесопромышленные комплексы), а древесина лиственных пород рубки не подлежит – считается возможным оставить её в водохранилище и затопить.

Во-вторых, создание гидроэлектростанций с водохранилищами большого объёма приводит к изменению температуры воды, что влечёт за собой изменение теплового стока реки и составляющих теплового баланса воды суши [19]. Как следствие, изменяются значения метеорологических параметров и условия туманообразования. Таким образом, изменение местного климата под влиянием водохранилища проявляется в изменении температурного режима, направлении и скорости ветра, повышении туманообразования и влажности.

В-третьих, в связи с изменением течения реки (в некоторых случаях даже с остановкой), снижается уровень растворённого в воде кислорода [20]. Кислород является жизненно важным элементом и его недостаток может привести к гибели рыб в искусственном водохранилище и растительности в самом водохранилище и в округе.

Помимо вышеперечисленных недостатков, при возникновении угрозы разрушения гидроэлектростанций неизбежен спуск воды из водохранилища, что приведёт в свою очередь к возникновению волн высотой в десятки метров. Волны могут привести к наводнению и потечению реки и таким образом уничтожит близлежащие населённые пункты [21].

3. Атомная электростанция (АЭС) – электростанция, преобразующая энергию деления ядер атомов в электрическую энергию или в электрическую энергию и тепло [22].

В 2014 году производство электроэнергии атомными электростанциями составило 180,5 млрд кВт/ч, в 2015 г. – 195,4 кВт/ч, в 2016 г. – 196,4 кВт/ч. Таким образом, прирост 2015 года к 2014 составил 8,14%, а прирост 2016/2015 – 0,6%. Высокий процент прироста выработки стал возможным благодаря повышению эксплуатации энергоблоков АЭС. Так, коэффициент использования установленной мощности АЭС ЕЭС России и ОЭС в 2015 году составил 84,65%, а в 2016 году – 81,38% (для сравнения, в 2016 году ГЭС – 42,39%, ТЭС – 46,66%) [8, с. 28].

Значительным преимуществом атомных электростанций является их относительно высокая экологическая чистота. Так, эксплуатация ТЭС влечёт за собой выбросы углекислого газа и способствует развитию глобального потепления. Атомные станции, функционирующие на территории России, ежегодно предотвращают выброс в атмосферу около 210 тонн CO_2 , а АЭС, действующие в Европе – около 700 тонн [23].

По сравнению с теплоэлектростанциями, работающими на невосполняемом органическом топливе (уголь, газ, мазут), атомные электростанции функционируют на уране. Использование урана имеет огромную энергоёмкость по сравнению с углеминеральными: энергия, выделяемая при полном сгорании 1 килограмма урана с обогащением до 4%, эквивалентна сжиганию примерно 100 тонн высококачественного каменного угля или 60 тонн нефти [23].

При этом атомные станции относятся к объектам повышенной опасности: сбой или авария на станции такого типа могут вызвать техногенную катастрофу с последующим значительным загрязнением террито-

рии. Существует международная шкала аварий на АЭС, в которой отображены 7 уровней серьёзности событий, произошедшего на электростанции. Седьмой, самый высокий уровень, имеет название «глобальная авария (катастрофа)» и характеризуется как сильный выброс: тяжёлые последствия для здоровья населения и для окружающей среды, возможно, даже в соседних странах [24]. Примерами аварий данного уровня являются авария на АЭС Фукусима-1 в Японии в 2011 году и на Чернобыльской АЭС в 1986 году. В время острой фазы аварии на ЧАЭС, сильному облучению подверглось более 200 человек. Радиоактивными отходами загрязнена территория 17 стран Европы, площадь которых составляет более 207 тыс. км² [25].

Ещё одним недостатком использования АЭС являются проблемы захоронения отходов функционирования станции. Отработанное (облученное) ядерное топливо (ОЯТ) отличается от свежего топлива тем, что имеет большую степень радиоактивности за счёт содержания продуктов деления. Количество скопившегося в мире ОЯТ по данным на 2014 год равно 345 тысяч тонн. Конкретно в России накоплено около 20 тысяч тонн ОЯТ и каждый год размер отходов увеличивается на 670 тонн [26].

4. Электростанции, использующие альтернативные источники энергии (АИЭ): ветряные электростанции (ВЭС) и солнечные электростанции (СЭС). Согласно данным Министерства энергетики РФ, электростанции, использующие АИЭ, в структуре выработки электроэнергии ЕЭС России в 2016 году составляют всего 0,057%, где ВЭС относится 0,013% выработки электроэнергии, а СЭС –

0,44% [1]. Более подробно об электростанциях, использующих АИЭ, рассказано в пункте 1.2.

Красноярский край относится к объединённой энергосистеме (ОЭС) Сибири. ОЭС Сибири располагается на территории Сибирского Федерального округа и 12 субъектов Российской Федерации: республики Алтай, Бурятия, Тыва и Хакасия, Алтайский, Забайкальский и Красноярский края, Иркутская, Кемеровская, Новосибирская, Томская и Омская области [27].

В её состав входят 10 региональных энергетических систем [27]: Алтайская, Бурятская, Читинская, Иркутская, Красноярская, Новосибирская, Омская, Томская, Хакасская, Кузбасская. При этом Алтайская энергосистема объединяет Республику Алтай и Алтайский край, Красноярская – Красноярский край и Республику Тыва.

ОЭС Сибири граничит с энергосистемами Урала, Востока, Казахстана, Монголии и Китая и является одним из самых крупных энергообъединений ЕЭС России.

Площадь территории ОЭС Сибири – 4944,3 тыс. км². На территории ОЭС Сибири проживает более 20 млн человек.

По данным на 01.01.2017, установленная мощность электростанций ОЭС Сибири равна 51969,83 МВт. Располагаемая мощность электростанций на годовой максимум потребления 2016 г. равна 41457 МВт, что на 12,4% больше, чем в 2015 году [5, с. 7].

В объединённой энергосистеме Сибири функционируют 109 электростанций. Среди них есть теплоэлектростанции, гидроэлектростанции и солнечные электростанции. Структура установленной мощности электростанций ОЭС Сибири представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Структура установленной мощности электростанций ОЭС Сибири

Коэффициенты использования установленной мощности электростанций ОЭС Сибири в 2016 году составили для ТЭС – 45,57%, ГЭС – 44,97%, СЭС – 13,75% [5, с. 13]. Таким образом, мощность ни одного из видов электростанций в энергосистеме не используется даже на 50%.

Потребление электроэнергии ОЭС Сибири в 2016 году составило 207167,0 млн кВт/ч [5, с. 28]. Это составляет 20,18% от общего энергопотребления Единой энергосистемы России. ОЭС Сибири находится на третьем месте по энергопотреблению среди объединённых энергосистем, уступая только ОЭС Центра и ОЭС Урала. На рисунке 9 представлена динамика потребления электроэнергии в ОЭС Сибири за 2011–2016 гг.

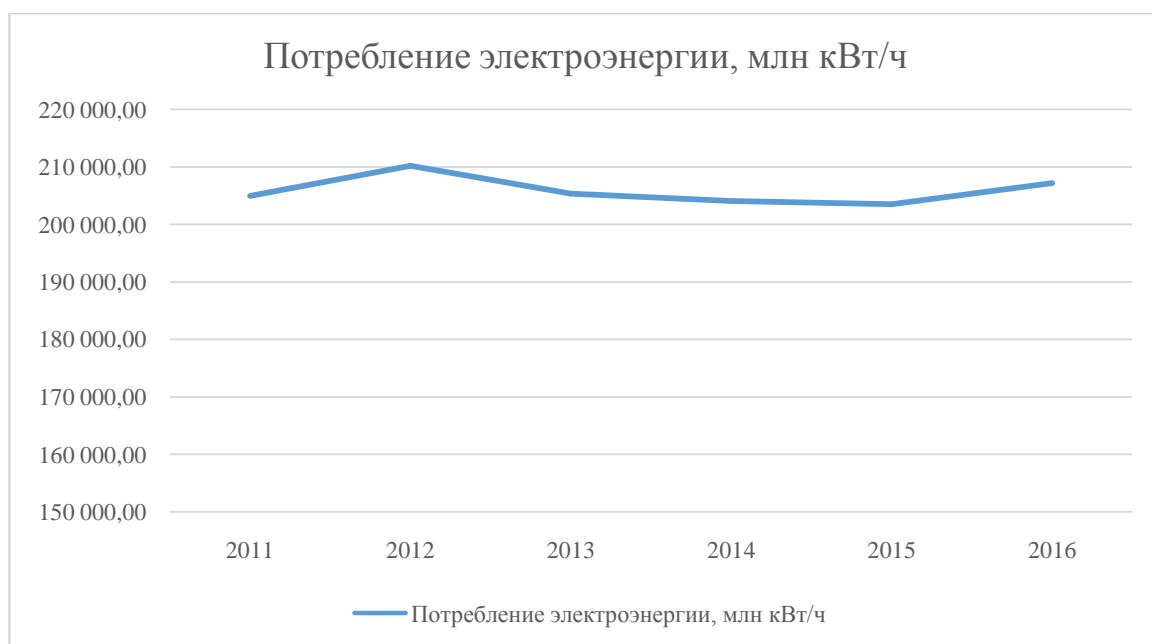


Рисунок 9 – Динамика потребления электроэнергии ОЭС Сибири

В 2016 году в ОЭС Сибири выработано всего 206 883,4 млн кВт/ч электроэнергии. Относительно 2015 года, выработка увеличилась на 2,8%. На рисунке 10 рассмотрен баланс электрической энергии ОЭС Сибири за 2015 и 2016 гг.

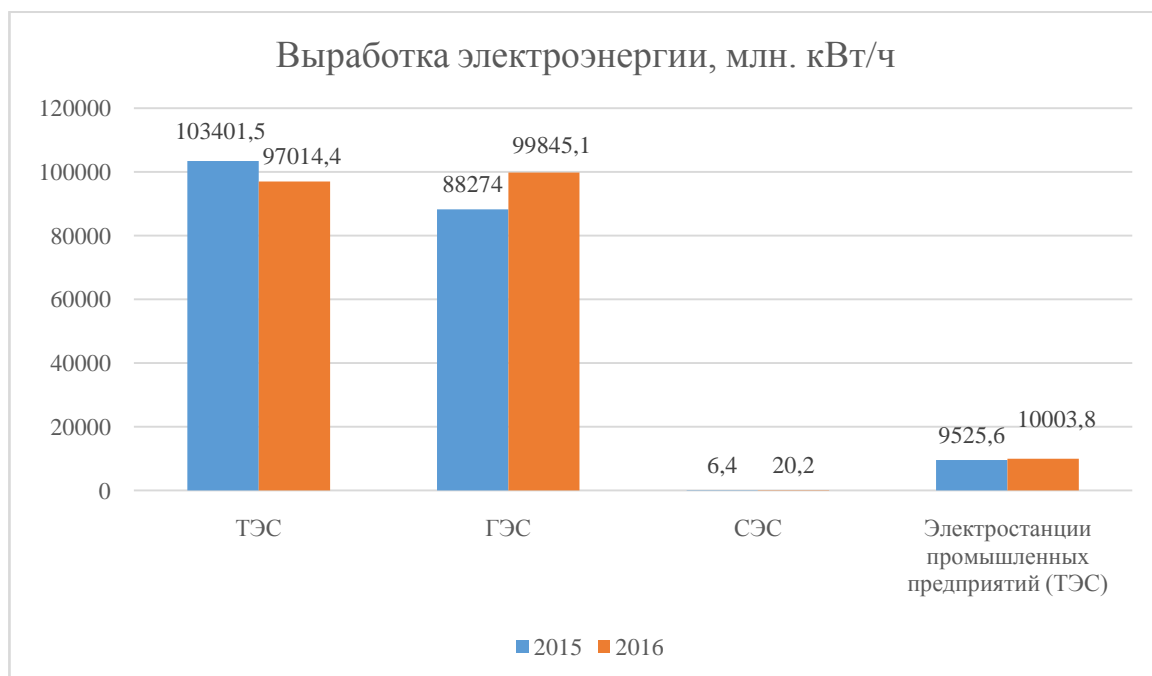


Рисунок 10 – Выработка электроэнергии ОЭС Сибири по типу электростанций

Выработка электроэнергии теплоэлектростанциями ОЭС Сибири в 2016 году уменьшилась на 6,2%, гидроэлектростанциями – увеличилась на 13,1%, солнечными электростанциями –

увеличилась более-

чем в 3 раза. Значительное увеличение выработки электроэнергии СЭС связано с вводом в эксплуатацию самой мощной солнечной электростанции в России –

Абаканской СЭС. Её установленная мощность равна 5,2 МВт.

ГЭС Сибири произво-

дят 9,5% объема выработки всех электростанций ЕЭС России. Это обусловлено размещением крупнейших ГЭС Ангара-

Енисейского каска-

да, работающих в ОЭС Сибири. Однако, существуют сложности управления режимом данной энергосисте-

мы: высокая амплитуда естественных колебаний годового стока рек, а также невозможность прогнозирования водности рек даже в краткосрочном периоде, т.к. это природное явление – стихийное.

В энергосистему Красноярского края по состоянию на 01.01.2016 входит 19 электростанций суммарной установленной мощностью 15833,8 МВт [28]. В таблице 1 представлены электростанции Красноярского края.

Таблица 1 – Электростанции Красноярского края

Компания	Электростанции
ООО "Сибирская генерирующая компания"	Назаровская ГРЭС Канская ТЭЦ Красноярская ТЭЦ-1
АО "Енисейская ТГК (ТГК-13)"	Красноярская ТЭЦ-2 Красноярская ТЭЦ-3 Минусинская ТЭЦ
ОАО "ЕвроСибЭнерго"	Красноярская ГЭС Абаканская СЭС
ОАО "Богучанская ГЭС"	Богучанская ГЭС
ОАО "Э.ОН Россия"	Березовская ГРЭС
ПАО "ОГК-2"	Красноярская ГРЭС-2

В табли-

це 2 представлены электростанции промышленных предприятий Красноярского края.

Таблица 2 – Электростанции промышленных предприятий

Компания	Электростанции
АО "Ванкорнефть"	ГТЭС Ванкорская
ОАО "РУСАЛ Ачинск"	ТЭЦ ОАО "РУСАЛ Ачинск"
АО "АНПЗВНК"	ТЭЦ АО "АНПЗВНК"
ООО "ТеплоСбытСервис"	ТЭЦ ООО "ТеплоСбытСервис"
ООО "Енашиминская ГЭС"	Енашиминская ГЭС
АО "Полюс"	ТЭЦ-1 2 АО "Полюс" ДЭС-1 2 АО "Полюс"

Красноярская энергосистема среди 11 энергосистем ОЭС Сибири занимает второе место по уровню энергопотребления [28]. На рисунке 1.1 представлена динамика электропотребления энергосистемы Красноярского края за 2011–2016 гг.



Рисунок 1.1 – Динамика потребления Красноярской энергосистемы за 2011–2016 гг.

Прирост потребления электроэнергии в Красноярской энергосистеме в 2016 году составил 5,59%. Это связано со снижением среднемесячной температуры. Так, среднемесячная температура января 2016 года понизилась относительно аналогичного показателя 2015 года на 9,4°С, что

оповлекло засобой прирост-

на 5,1% потребляемой электроэнергии в данной энергосистеме.

Нарисун-

ке 12 представлена внутригодовая динамика энергопотребления Красноярского края за 2011, 2013 и 2015 года.

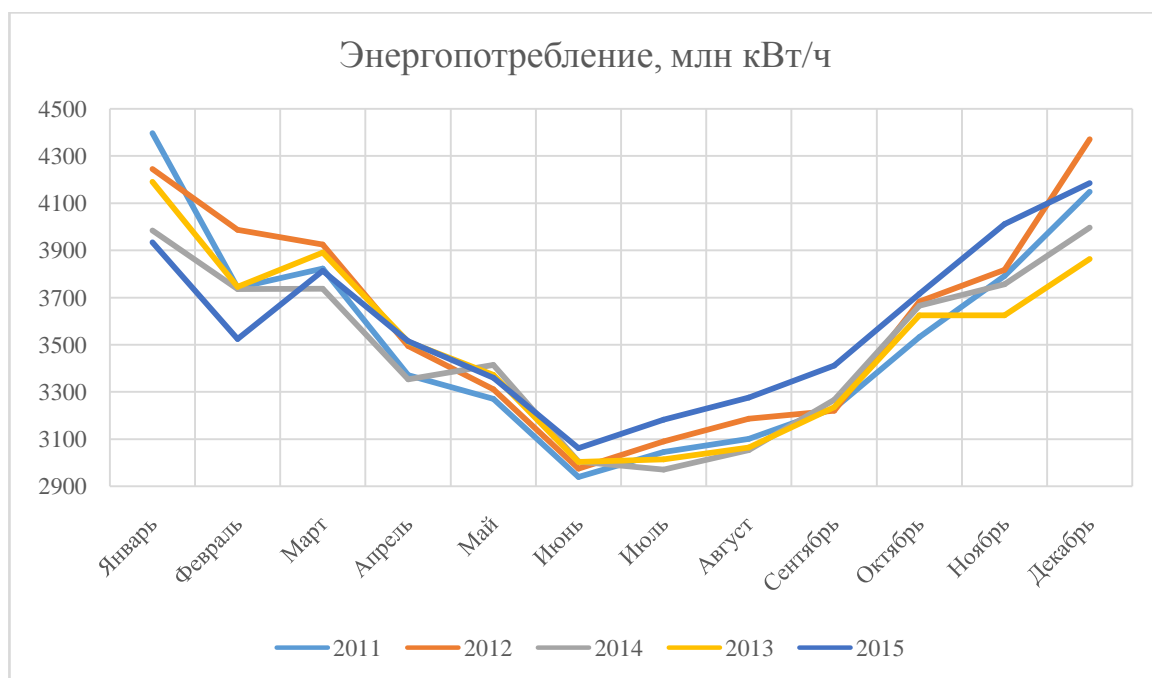


Рисунок 12–

Внутригодовая динамика потребления энергосистемы Красноярского края

Годовые графики электропотребления характеризуются ярко выраженным сезонным спадом электропотребления до величины 6,9–

7,1% от величины годового электропотребления в июне–

июле. Максимум электропотребления наблюдался в декабре–

январе и составлял 9,5–

10,4% от величины годового электропотребления. Разница между максимумом и минимумом электропотребления в год составляет от 1026,1 до 1456,3 млн кВт.ч (электропотребление в летние месяцы составляет 66,8–

74,3% от зимнего периода), что говорит о достаточно плотном графике нагрузки, характерном для региона с развитой промышленностью.

На основе данных территориального органа Федеральной службы статистики по Красноярскому-краю [29] на рисунке 13 приведена структура потребителей электроэнергии Красноярского края.

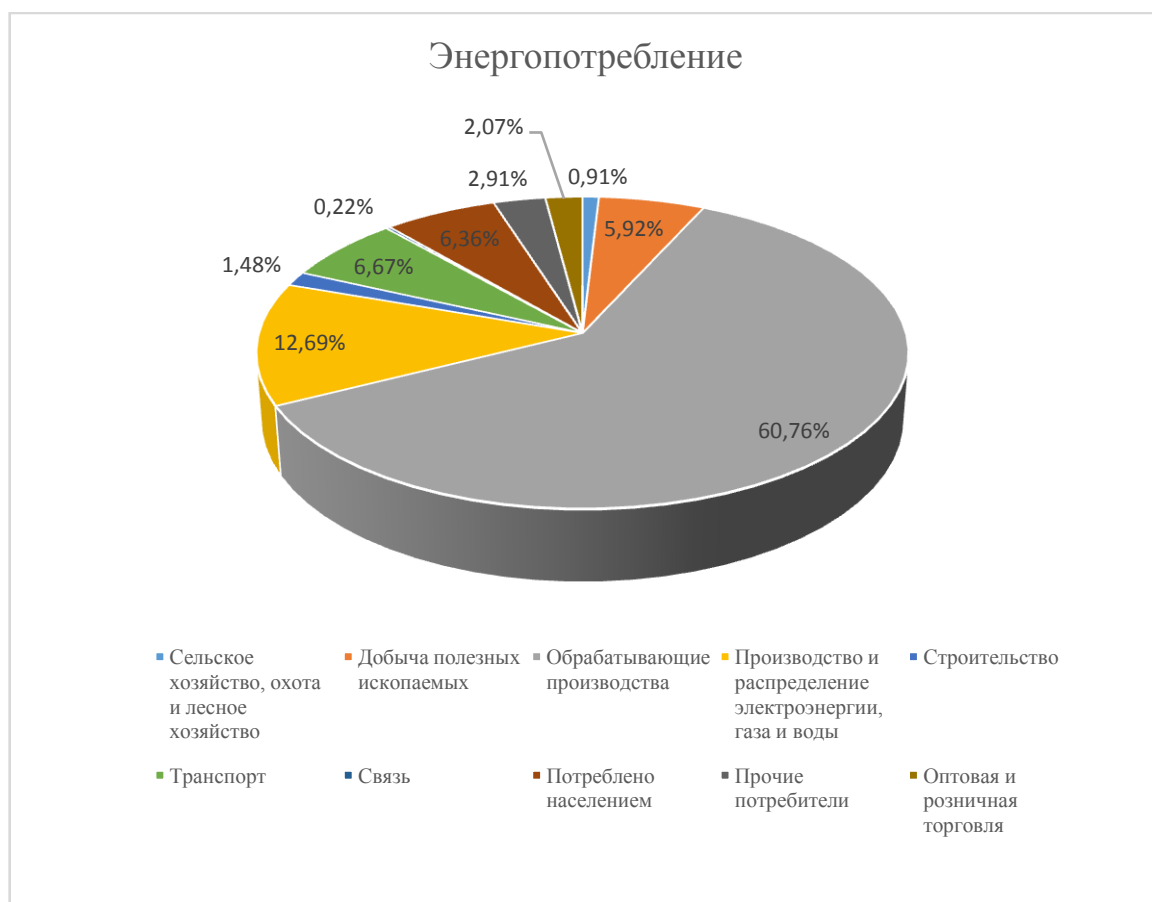


Рисунок 13 – Структура потребителей электроэнергии в Красноярском крае в 2015 году.

Красноярский край – один из наиболее развитых индустриальных регионов России. Удельный вес Красноярского края в промышленности Восточной Сибири составляет 40%, а в промышленности России – 4%. Именно поэтому наибольшая доля (60,8%) энергопотребления в Красноярском крае приходится на обрабатывающие производства.

1.2 Анализ технологий альтернативных источников энергии

Всё более крупные масштабы обретают энергетические проблемы, которые в некоторых случаях приводили даже к кризисам. По этой причине возросла значимость следующих характеристик источников энергии:

1. Экологическая чистота. Уголь и газ, с помощью которых производится электроэнергия на самых частых встречающихся электростанциях – тепловых, не являются экологически чистыми. Например, сжигание угля в процессе получения теплоты освобождает диоксид углерода (CO_2), которая поглощает тепловое излучение поверхности нашей планеты, нагреваемой Солнцем, и создаёт так называемый парниковый эффект. По этой причине данные источники применяются всё реже и только там, где невозможно применение других источников. Отсутствие выбросов в атмосферу является преимуществом атомных электростанций, однако, в связи с плачевным опытом аварий на АЭС, а также сложностями захоронения отходов и другими недостатками, безопасность данных электростанций стоит под большим вопросом.

2. Восполняемость. Постоянно растущая численность людей и их возрастающие потребности неуклонно ведут к истощению традиционных источников энергии. Данным процессам способствует глобальный рост промышленности, которая, в свою очередь, является основным потребителем энергии.

3. Простота добычи и дешёвые затраты на транспортировку. Месторождения полезных ископаемых зачастую значительно отдалены от территорий – но. Поиски и разведка новых месторождений полезных ископаемых, организация сло

жных работ по извлечению и добыче энергетических ресурсов в сложных природных и климатических условиях требуют разработки новых наукоемких технологий, что в свою очередь влечет за собой значительные финансовые затраты.

Осознавая важность вышеперечисленных характеристик, человечество обратилось к поиску новых источников энергии. Такими источниками оказались нетрадиционные (возобновляемые) источники энергии.

Возобновляемые источники энергии – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии [30, с. 14]. Отличительным признаком возобновляемой энергии является присутствие в окружающей среде в виде энергии, которая не является результатом целенаправленной деятельности человека.

К нетрадиционным возобновляемым источникам энергии в мировой практике относятся: солнечную, ветровую, геотермальную, гидравлическую энергии; энергию морских течений, волн, приливов, температурного градиента морской воды, низкотемпературного тепла Земли, воздуха; биомассу животного, растительного и бытового происхождения водородную энергетику [30, с. 16].

Согласно данным независимо-информационной консалтинговой компании EnerData, областью исследований которой являются энергетические отрасли промышленности в международном масштабе, доля электроэнергии, произведенной ВИЭ (включая гидроэнергию) в мире в 2015 году составила 23,4% [31]. На рисунке 14 представлена динамика данного показателя.



Рисунок 14 – Динамика изменения доли ВИЭ в мировой энергетике

Возобновляемые источники энергии доминируют в производстве электроэнергии в целом по Европе (34,2%). В Норвегии в 2015 году доля производства электроэнергии возобновляемыми источниками (в т.ч. гидроэнергия) составила 97,9% от общего объёма производства. Норвегия не единственная страна, которая покрывает более 50% потребности в электроэнергии с помощью ВИЭ (рисунок 15).

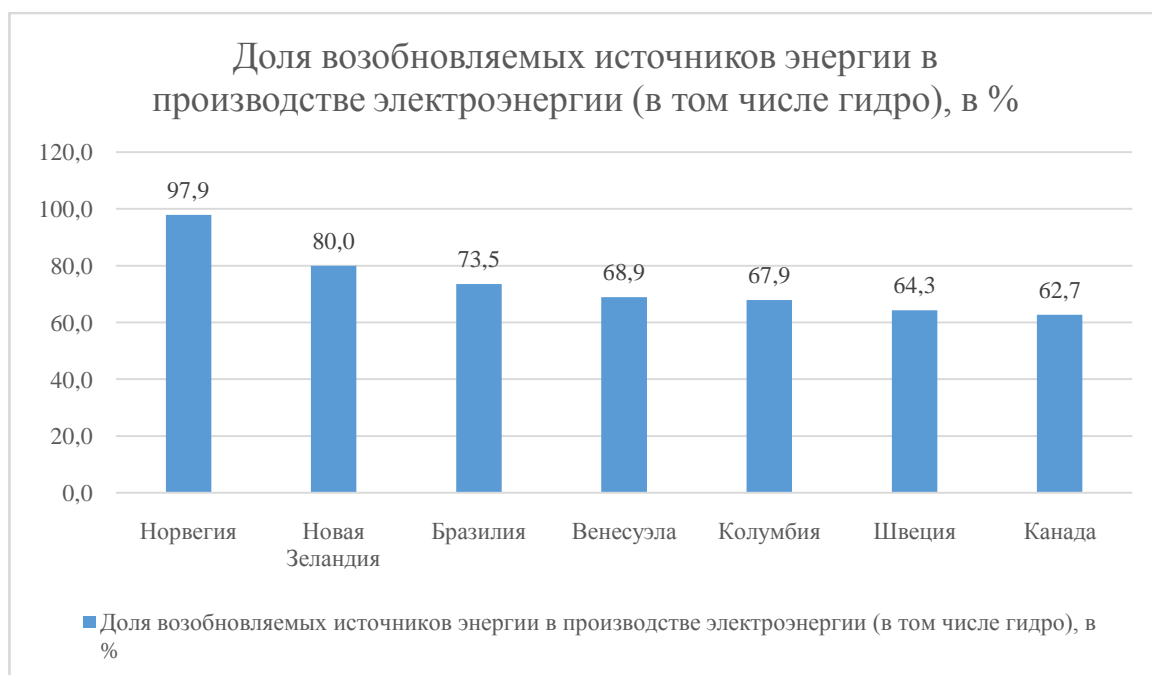


Рисунок 15 – Страны, в которых доля производства электроэнергии с помощью ВИЭ превышает 50%

Под альтернативной энергией понимаются виды энергии, которые в настоящее время либо имеют ограниченное использование, либо находятся в стадии разработки [32, с. 12]. По признаку ограниченного на данный момент использования, возобновляемые, а именно нетрадиционные источники энергии являются синонимом альтернативным источникам энергии (АИЭ).

В «Ежегоднике 2016» компании EnerData [31] отдельно выделены такие альтернативные источники энергии, как Солнце и ветер. Доля солнечной и ветровой энергетики в общем производстве энергии во всём мире в 2015 году составил 4,89%. За период с 2000 по 2015 год доля ветровой и солнечной энергии в производстве электроэнергии в мире увеличилось более чем в 8 раз (рисунок 16).

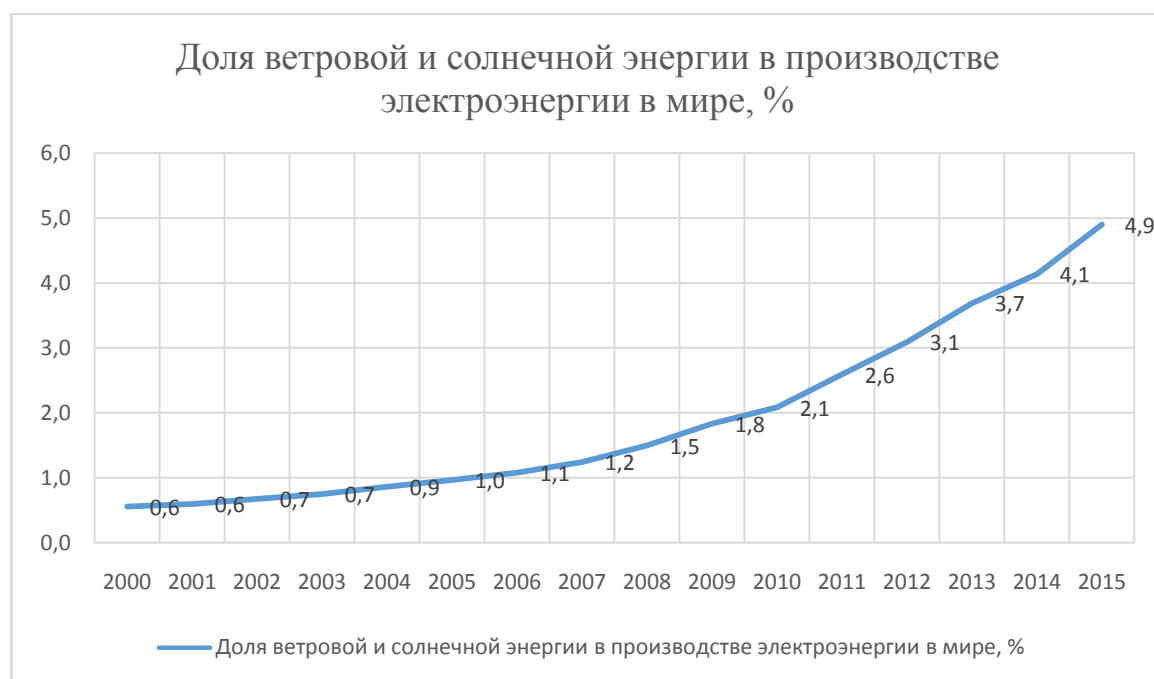


Рисунок 16 – Динамика доли ветровой и солнечной энергии в производстве электроэнергии в мире

За период 2011 – 2015 г. доля ветровой и солнечной энергии в производстве электроэнергии в мире удвоилась (2,59% против 4,89%). На рисунке 17

представлена карта мира с долей ветровой и солнечной энергии в производстве электроэнергии по странам (Источник: Ежегодник 2016 компании EnerData).



Рисунок 17 – Доля ветровой и солнечной энергии в производстве электроэнергии по странам

Рассмотрим наиболее популярные альтернативные источники энергии.

1. Энергия Солнца

Источником энергии солнечного излучения являются термоядерные реакции на Солнце. Поток мощности, излучаемый Солнцем в окружающее пространство, равен $4 \cdot 10^{23}$ кВт. Проходя расстояние от Солнца до Земли (примерно 150 млн км), достигающий Земли поток солнечной радиации равен $1,2 \cdot 10^{14}$ кВт [30, с. 53]. Это значительно превышает ресурсы всех других возобновляемых источников энергии. Для примера, общая установленная мощность электростанций ЕЭС России на 01.01.2017 составила около $2,36 \cdot 10^8$ кВт.

Чтобы оценить количественно излучение Солнца на поверхность Земли, применяют величину, называемую интенсивностью.

Интенсивность—это мощностьлучистойэнергии, приходящей за пределами земной атмосферы в секунду на квадратный метр площадки, перпендикулярной солнечным лучам [30, с. 53].

Солнечный спектр содержит три вида излучения: ультрафиолетовое, инфракрасное и видимое. Прямое влияние на спектральный состав солнечного излучения, а также на его интенсивность имеет атмосферная масса. При прохождении атмосферы солнечный свет ослабляется: ультрафиолетовое излучение поглощается озоном и рассеивается газами, находящимися в воздухе; инфракрасное излучение поглощается парами воды.

Помимо атмосферной массы, на солнечное излучение оказывают влияние следующие факторы:

- географическая широта и долгота местности;
- климатические особенности;
- высота Солнца над горизонтом;
- размещение приёмника солнечного излучения на Земле и по отношению к Солнцу и др.

Замером и расчётами солнечного излучения занимаются на актинометрических станциях [33]. За счёт влияния перечисленных выше факторов показатели солнечного излучения во всех географических точках Земли имеет индивидуальный алгоритм расчета. Максимальный поток солнечного излучения на земле равен $2200 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$ в год и характерен для северо-запада США, запада Южной Америки, части юга и севера Африки, Саудовской Аравии и Центральной части Австралии. Поток солнечного излучения на территории России находится в пределах от 800 до $1400 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$ в год [30, с. 55] (рисунок 18).

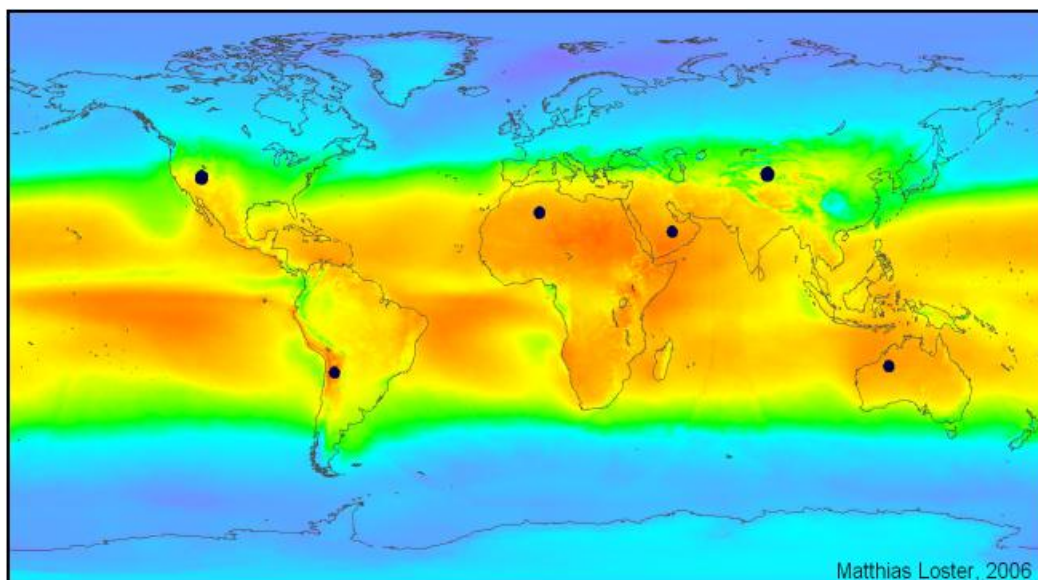


Рисунок 18–Интенсивность солнечного излучения на карте мира

Кроме интенсивности потока, для солнечной энергетики также важным фактором является продолжительность солнечного сияния на территории. Максимальное значение на Земле составляет 3600 часов в год [34].

Согласно данным исследования рынка солнечной энергии от аналитиков компании PV MarketAlliance[35], мировое производство электроэнергии посредством энергии Солнца за период 2005 – 2011 г. увеличилось более чем в 50 раз (рисунок 19).



Рисунок 19 – Динамика производства солнечной энергетики в мире

Согласно отчету Международного Энергетического агентства (InternationalEnergyAgency) от 22 апреля 2016 года[36], мировым лидером солнечной энергетики в 2015 году стал Китай – общая установленная мощность солнечных энергоустановок в этой стране составила 43,5 ГВт. (таблица 3).

Таблица 3 – Топ-10 стран по установленной солнечной мощности в 2015 году

Место	Страна	Общая установленная солнечная мощность, ГВт
1	Китай	43,5
2	Германия	39,7
3	Япония	34,4
4	США	25,6
5	Италия	18,9
6	Великобритания	8,8
7	Франция	6,6
8	Испания	5,4
9	Австралия	5,1
10	Индия	5

Также Китай стал лидером по количеству введенных в 2015 году мощностей солнечной энергетики – 15,2 ГВт энергии(таблица 4). Такой большой скачок солнечных мощностей связан с потребностями страны: Китай является самой густонаселённой страной в мире. Стабильная экономика позволяет развивать в стране имеющийся потенциал в сфере энергетики, в связи с этим в период с 2011 года солнечные мощности Китая возросли в 13 раз

Таблица 4 – Топ-10 стран по введённой солнечной мощности в 2015 году

Место	Страна	Общая установленная солнечная мощность, ГВт
1	Китай	15,2
2	Япония	11
3	США	7,3
4	Великобритания	3,5
5	Индия	2
6	Германия	1,5
7	Корея	1
8	Австралия	0,9
9	Франция	0,9
10	Канада	0,6

Лидером по количеству солнечной энергии на душу населения в 2015 году является Германия – 491 Вт. На втором месте Италия – 308 Вт, на третьем Бельгия – 287 Вт на одного человека.

Электростанции, преобразующие солнечную энергию в электрическую, бывают двух типов: термодинамические и фотоэлектрические.

Принцип работы **термодинамических солнечных электростанций** (СЭС) заключается в следующем: солнечное излучение нагревает теплоноситель с помощью специальных оптических систем. Далее образовавшаяся тепловая энергия преобразуется в механическую, которая, в свою очередь, преобразуется в электрическую [3735].

На термодинамических СЭС солнечное излучение преобразуется в тепловую энергию тремя способами.

1) Рассредоточенные солнечные коллекторы – солнечные электростанции такого типа на данный момент получили широкое распространение. Устанавливаются небольшие концентрирующие коллекторы, ориентированные на Солнце[38]. Посредством тепловых двигателей энергия нагретой жидкости преобразуется в механическую энергию. Чаще всего в роли теплоносителя выступает вода, которая под действием солнечного излучения превращается в пар. Под высоким давлением пар поступает в турбину с генератором электроэнергии, тем самым преобразуя механическую энергию в электрическую.

2) Центральная солнечная башня – башня, на которой располагается комплекс зеркал – гелиостатов. Они автоматически захватывают наибольшее количество солнечной энергии и концентрируют излучение на центральном приемнике, расположенном на вершине башни[39].

3) Солнечный коллектор с центральной трубой – механизм работы состоит в нагревании большого объема воздуха, находящегося под солнечным коллектором большой площади[40]. Нагреваясь, воздух поднимается и засасывается в трубу. Мощный воздушный поток вращает аэрогенератор, который преобразует механическую энергию в электрическую.

В отличие от термодинамических солнечных электростанций, **фотоэлектрические станции** напрямую преобразуют солнечное излучение в электроэнергию [41]. В настоящее время они имеют наибольшее распространение, поскольку обеспечивают энергией не только крупные объекты, но и малые (например, частные домохозяйства, небольшие промышленные здания и др.) [42].

Солнечные фотоэлектрические станции состоят из большого числа отдельных модулей (солнечных батарей) [43]. Модули имеют разные мощность и выходные параметры, за счет чего могут обеспечивать электроэнергией объекты различного масштаба.

Проектирование электростанций такого типа включает в себя эффективное расположение модулей. Помимо планирования расположения элементов относительно солнечного излучения, важно также обратить внимание на их расположение относительно друг друга: при недостаточном расстоянии модули могут затемнять друг друга, а при избыточном – будет неэффективно использована площадь, отведённая под электростанцию.

Солнечные фотоэлектрические станции подразделяются на автономные и сетевые [44].

Автономные СЭС используются, когда недоступны другие источники электроснабжения. Солнечная фотоэлектрическая установка включает в себя следующие элементы [45]: аккумуляторные батареи (АКБ), зарядное устройство, автономный инвертор, преобразующий напряжение постоянного тока в переменный ток, а также фотопреобразователь: с помощью фотоэлементов установка напрямую преобразует солнечное излучение в электрическую энергию.

Солнечные модули преобразуют энергию солнечного излучения в электрическую энергию постоянного тока. Контроллер пиковой мощности обеспечивает режим генерирования максимума мощности для текущих климатических условий, а контроллер зарядного тока осуществляет функции управления зарядом АКБ [40].

Благодаря наличию АКБ автономные СЭС могут использоваться на отдалённых от общих источников электроснабжения территориях. Кроме того, та-

кие функции АБ, как накапливание и хранение электроэнергии, делают автономные солнечные электростанции надежными: энергия поступает в любое время суток и независимо от погодных условий.

Сетевые солнечные фотоэлектрические станции работают параллельно с сетью и не имеют в конструкции АКБ. Функцию аккумулятора выполняет внешняя электросеть. Её мощность не ограничена, она принимает все излишки электроэнергии, и как следствие, КПД такого аккумулятора достигает 100%. Самым существенным недостатком сетевых СЭС является прерывание электропитания потребителей при отключении внешней электросети.

Несмотря на множество преимуществ, которыми обладает солнечная энергетика, существуют препятствия для повсеместной генерации электроэнергии таким способом.

Во-первых, высокая стоимость составляющих элементов, в том числе и фотоэлементов. Как следствие, электроэнергия, полученная от традиционных источников энергии, обходится в несколько раз дешевле [46, 47]. Тем не менее, стоимость киловатта энергии солнечной генерации с каждым годом снижается [48].

Во-вторых, низкий КПД солнечных электростанций по сравнению с традиционными источниками энергии. Изначально их КПД не превышает 16% [49], а использование инвертора, преобразующего электроэнергию постоянного тока в электроэнергию переменного тока, способствует снижению КПД солнечной установки [50].

В-третьих, для размещения солнечных электростанций необходимы большие площади. Использование всего 0,0125% солнечной энергии, которая поступает на Землю, могло бы обеспечить все потребности человечества на сегодняшний день. Однако, для этого пришлось бы покрыть солнечными коллекторами площадь, равную 130000 км^2 [30, с. 56]. Помимо покрытия площади таких масштабов, возникла бы необходимость обеспечения материалами создание огромного количества солнечных модулей.

Все вышеперечисленные недостатки солнечной энергии в большей степени относятся к производству электроэнергии солнечными электростанциями в масштабах государства и мира в целом. Как говорилось выше, существуют автономные солнечные электростанции, которые могут быть использованы в малых объектах: домохозяйствах, небольших промышленных зданиях и др. В таких случаях, помимо длительного срока окупаемости, солнечная энергия имеет в большей степени преимущества.

2. Энергия ветра. Ветроэнергетика подразумевает под собой энергию движущихся воздушных масс. Основным фактором возникновения ветра является неравномерное нагревание Солнцем земной поверхности по причине разных широт, а также по причине неоднородности поверхности: на одной и той же широте равнина, водные объекты, леса и горы определяют неравномерность нагревания.

Общая кинетическая энергия ветров составляет порядка $0,7 \cdot 10^{21}$ Дж. Таким образом, запасы ветроэнергетики более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии [51].

Для того чтобы рассматривать ветер в качестве энергоресурса, необходимо рассматривать его параметры. Для этого существует понятие ветроэнергетический кадастр – совокупность характеристик ветра с точки зрения использования его для производства механической или электрической энергии [52].

К числу основных кадастровых характеристик ветра относятся [53]: среднегодовая скорость ветра; годовой и суточный ход ветра; повторяемость скоростей ветра; повторяемость направлений ветра; максимальная скорость ветра; удельная мощность и удельная энергия ветра; ветроэнергетические ресурсы района.

Для определения эффективности применения ветровой энергетики применяется «шкала Бофорта», которая содержит оценку силы ветра по его воздействию на наземные предметы и по волнению морю. В 1986 году J. W. Twidell и A. D. Weir к шкале были предложены две графы «воздействие ветра на ВЭУ» и «условия для работы ВЭУ в данном диапазоне скорости ветра» для пользования

в ветроэнергетике[54]. Согласно шкале Бофорта, наиболее эффективна генерация ветровой энергии при среднегодовой скорости ветра не менее 5 м/с [55].

Согласно отчету «GlobalWindStatistic 2016»Глобального Совета по ветроэнергетике (TheGlobalWindEnergyCouncil)к началу 2017 года общая установленная мощность всех ветрогенераторов в мире составила 486,75 ГВт[56]и, таким образом, превзошла суммарную установленную мощностьатомной энергетики(392,11 ГВт) [57]. За период 2006 – 2016 г. суммарная установленная мощность ветроэнергетики в мире возросла в 6,6 раз (рисунок 20).



Рисунок 20 – Динамика суммарной установленной мощности ветроэнергетики в мире, 2001 – 2016 г.

Как и в солнечной энергетике, в ветроэнергетике лидером по общей установленной мощности является Китай – 168,7 ГВт. На Китай приходится 48,4% установленной мощности ветроэнергетики в мире на декабрь 2016 г (таблица 5).

Таблица 5 – Топ-10 стран по установленной ветровой мощности, декабрь 2016 г.

Место	Страна	Общая установленная ветровая мощность на декабрь 2016 г., ГВт
1	Китай	168,7

2	США	82,2
3	Германия	50
4	Индия	28,7
5	Испания	23,1
6	Великобритания	14,5
7	Франция	12,1
8	Канада	11,9
9	Бразилия	10,7
10	Италия	9,3

Китай держит лидерство за счет постоянно вводимых новых мощностей ветровой энергетики. По плану 13 пятилетки (2016–2020) в Китае планируют ввести ещё 100 ГВт ветряных мощностей. (таблица 6).

Таблица 6 – Топ-10 стран по введённой ветровой мощности в 2016 году

Место	Страна	Введённая ветровая мощность, ГВт
1	Китай	23,3
2	США	8,2
3	Германия	5,4
4	Индия	3,6
5	Бразилия	2
6	Франция	1,6
7	Турция	1,4
8	Голландия	0,9
9	Великобритания	0,74
10	Канада	0,7

Общая квалификация ветроэлектрических установок по виду вырабатываемой энергии подразделяют на ВЭУ переменного и постоянного тока [58] (рисунок 21).

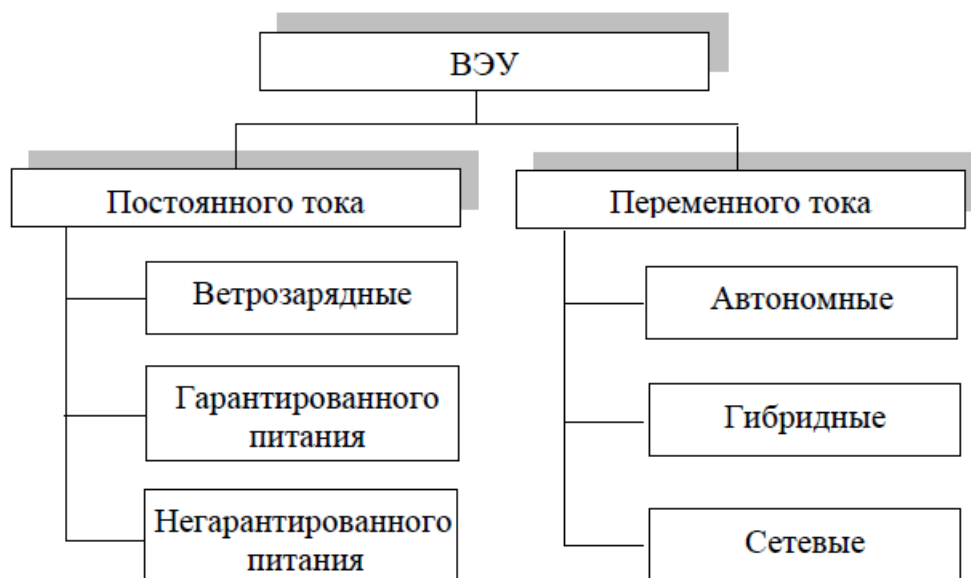


Рисунок 21 – Общая квалификация ветроэлектрических установок

Ветрозарядные ветровые электроустановки постоянного тока предназначены только для заряда аккумуляторных батарей [59]. ВЭУ гарантированного питания работают параллельно с АКБ, и используются для снабжения электроэнергией потребителей. ВЭУ негарантированного питания работают без АКБ, поэтому их область применения – электропитание маломощных потребителей в местах с устойчивыми ветрами и в экстремальных условиях.

Автономные ВЭУ переменного тока [59] работают индивидуально, не связаны с электрической сетью и обеспечивают электропитание потребителей, нуждающихся в совсем низких установленных мощностях. Гибридные ВЭУ работают параллельно с независимыми электростанциями соизмеримой мощности (дизель-генераторы, малые ГЭС и др.). Сетевые ВЭУ предназначены для получения и выдачи в электрическую сеть максимально возможной выработанной энергии, т.к. они работают параллельно с мощной электрической сетью.

Ветровые электроустановки и электростанции имеют ряд недостатков.

Во-первых, скорость ветра почти всегда неравномерна. Для выравнивания поступления энергии к потребителям необходимо приобретать дополнительное оборудование (аккумуляторные батареи), а это дополнительные капитальные вложения [30].

Во-вторых, использование кинетической энергии движущихся атмосферных масс приводит к их замедлению. Что может послужить причиной, во-первых, изменения климата местности, а во-вторых, замедления вентилируемости городов, что пагубно скажется особенно на мегаполисах: смог и концентрация вредных веществ в воздухе над городом будут только увеличиваться, и, как следствие, ухудшится экологическая обстановка [60].

В-третьих, работа ВЭУ неразрывно связана с шумом. В современных установках значительно реже встречается шум от работы механических и электрических компонентов, зато шум от взаимодействия ветрового потока с лопастями установки является значительным.

И в-четвертых, мощные ветровые энергоустановки при интенсивной работе издают инфразвуковые колебания, который не ощущается человеческим слухом, но вызывает низкочастотные колебания и небезопасны для человека.

3. Геотермальная энергетика. Геотермальная энергетика – направление энергетики, основанное на производстве тепловой и электрической энергии за счёт энергии, содержащейся в недрах земли, на геотермальных станциях [61]. Геотермальная (от греческих слов «гео» – земля и «термо» – тепло) энергетика связана с глубинными температурами Земли, которые в ядре планеты достигают 4000°C [30, с. 151].

Показателем теплового состояния земного шара является поверхностный градиент температуры. Величина, соответствующая углублению в метрах, при котором температура повышается на 1°C , называется геотермической ступенью [30]. Интервал геотермической ступени колеблется от 5 до 150 метров. В среднем, эта величина равна 30-33 м [62]. По некоторым оценкам, в верхнем слое Земли (3 километра) содержится теплота, равная 1020 Дж [63].

Источники геотермической энергии по классификации Международного энергетического агентства делятся на пять типов [63].

1) Месторождения геотермального сухого пара. Они легко разрабатываются, но редки. Половина действующих в мире ГеоТЭС использует тепло этих источников.

2) Источники влажного пара (смеси пара и горячей воды). Они встречаются чаще. При их освоении решают вопросы предотвращения коррозии оборудования и загрязнения окружающей среды (удаление конденсата из-за его засолённости).

3) Месторождения геотермальной воды (содержат горячую воду или пар и воду). Это полости с водой атмосферных осадков, нагреваемые близколежащей магмой.

4) Сухие горячие скальные породы, разогретые магмой (на глубине 2 км и более). Запасы их энергии наиболее велики.

5) Магмы (нагретые до 1300°C расплавленные горные породы).

В 2015 году глобальная установленная мощность геотермальной электрической генерации составила 13,2 ГВт. В общей сложности в течение 2015 года геотермальные электростанции произвели порядка 74 ТВт/ч электроэнергии[64].

В 2015 г. введено в эксплуатацию около 315 МВт геотермальной мощности. За период с 2005 по 2015 г. общая установленная мощность геотермальной энергии в мире выросла на 34% (рисунок 22).



Рисунок 22 – Динамика установленной мощности геотермальной энергии

Ведущим рынком является Турция, которая в 2015 году ввела 159 МВт новой мощности геотермальной энергетики (таблица 7).

Таблица 7 – Топ-5 стран по объёму ввода новых мощностей геотермальной энергетики

Место	Страна	Объём введённой мощности, МВт
1	Турция	159
2	США	71
3	Мексика	53
4	Кения	20
5	Германия/Япония	7

По объёму суммарной мощности на конец 2015 года первое место занимает США – 3567 МВт. Проанализировав географическое положение стран, являющихся лидерами в области геотермальной энергетики, можно определить закономерность – они все принадлежат к области Тихоокеанского вулканического огненного кольца (таблица 8) [65].

Таблица 8 – Топ-5 стран по объёму установленных мощностей геотермальной энергетики

Место	Страна	Установленная мощность, МВт
1	США	3567
2	Филлипины	1930
3	Индонезия	1375
4	Мексика	1069
5	Новая Зеландия	973

Недостатками геотермальной энергии является высокое содержание солей и различных токсичных металлов (бора, свинца, цинка, кадмия, мышьяка) в термальных водах. По этой причине невозможен сброс этих вод в природные водоёмы. Также в геотермальных водах содержится в больших количествах сероводород – опасный для здоровья газ. Ещё затруднительным моментом является дороговизна создания и обеспечения функционирования скважины [61].

4. Энергия воды. Использование энергии воды предполагает использование энергии рек и энергетических ресурсов океана: тепловой энергии океана, энергии приливов и отливов.

Энергию рек в электроэнергию преобразуют гидроэлектростанции. По принципу ГЭС также функционируют малые ГЭС (с установленной мощностью от 1 до 30 МВт), мини-ГЭС (от 100 до 1000 кВт) и микроГЭС (менее 100 кВт) [66]. Развитие малой гидроэнергетики тормозят несколько факторов [67]: неполная информированность потенциальных пользователей о преимуществах применения небольших гидроэнергетических объектов; недостаточная изученность гидрологического режима и объемов стока малых водотоков; низкое качество действующих методик.

Установленная мощность гидроэнергетики в общем в мире в 2015 году равна 1064 ГВт (рост на 2,7% относительно 2014 года)[64]. В таблице 9 представлены страны с наибольшей установленной мощностью генерации гидроэнергии, а также мощности, введенные в этих странах.

Таблица 9 – Топ-6 стран по установленной мощности гидроэнергии

Место	Страна	Установленная мощность, ГВт
1	Китай	296,9
2	Бразилия	91,5
3	США	79,8
4	Канада	78,7
5	Россия	47,9
6	Индия	46,8

В общей сложности в 2015 году было введено 28 ГВт новых гидроэнергетических мощностей. Таким образом, глобальное производство гидроэлектроэнергии достигло 3940 ТВт/ч.

Электроэнергетические мощности на основе энергии океана (в основном на энергии приливов и отливов) в 2015 году остались на уровне 530 МВт. Помимо введения новых мощностей (преимущественно в Европейских водах), одновременно многие компании ушли с рынка, что и повлекло за собой остановку роста установленной мощности.

5. Биотопливо. Биотопливом называют продукт переработки биомассы, применяемый человеком при получении энергии[69].

Классификация биотоплива в общем виде выглядит следующим образом [69]: первичное древесное топливо (дрова, лесосечные отходы, щепа, энергетический лес и т.д.); вторичное древесное топливо (кора, опилки, стружка, гранулы, пеллеты, брикеты, древесный уголь); утилизированное древесное топливо; торф; утилизационное топливо из промышленных и бытовых отходов; жидкие виды биотоплива; недревесные биомассы.

Биомасса превращается в биотопливо посредством следующих видов процессов [70]: термохимические процессы (прямое сжигание, газификация, пиролиз); биохимические (спиртовая ферментация, анаэробная или аэробная переработка, биофотолиз); агрохимические (экстракция топлива).

По итогу вышеперечисленных процессов биомасса может быть превращена в топливо: газообразный метан, жидкий метанол или твердый древесный уголь.

В 2015 году мировые инвестиции развитых стран в биотопливо упали на 35% [64], тем не менее, выработка биоэнергетики в мире выросла на 8% – 464 ТВт/ч против 429 ТВт/ч в 2014 году (рисунок 23). По выработке биоэнергетики в 2015 году лидировали США, Китай, Германия, Бразилия и Япония.



Рисунок 23 – Динамика установленной мощности биоэнергетики

В биоэнергетике имеют место быть неблагоприятные воздействия на объекты окружающей среды. Прямое сжигание древесины дает большое количество твердых частиц, канцерогенных и токсичных веществ, окиси углерода и других газов. По концентрации некоторых загрязнителей они превосходят продукты сгорания нефти и ее производных. Другим экологическим последствием сжигания древесины являются значительные тепловые потери, что приводит к изменению теплового баланса [30, с. 283].

1.3 Современное состояние АИЭ в России и Красноярском крае

В России потенциал альтернативной энергетики довольно высок. Так, потенциал ресурсов возобновляемых источников энергии в пять раз превышает годовое потребление ископаемых энергоресурсов в России, а экономический – способен обеспечить ежегодные энергетические потребности российской экономики на треть [71].

Несмотря на то, что Россия имеет опыт создания электростанций практически на всех видах возобновляемых источников энергии, на данный момент функционируют преимущественно солнечные и ветровые электростанции. На начало 2017 года всего 0,04% от общей установленной мощности электростанций ЕЭС России приходится на ВЭС (0,01% или 10,9 МВт) и СЭС (0,03% или 75,2 МВт) [5]. Таким образом, в 2017 году доля альтернативных источников энергии в энергопроизводстве находится ниже уровня 2004 года (рисунок 24).



Рисунок 24 – Динамика доли солнечной и ветровой энергетики в производстве электроэнергии в РФ

Проблема заключается не только в малом количестве электростанций, работающих на АИЭ. Коэффициенты использования установленных мощностей ВЭС и СЭС в 2016 году не превышают и 10% (таблица 10).

Таблица 10 – Коэффициенты использования установленных мощностей ВЭС и СЭС по ЕЭС России и отдельным ОЭС (в %)

Энергосистема	2015		2016	
	ВЭС	СЭС	ВЭС	СЭС
ЕЭС России	6,75	8,43	5,25	13,13
ОЭС Урала	1,56	2,14	4,89	12,91
ОЭС Северо-Запада	4,31	—	2,82	—
ОЭС Юга	15,4	—	9,28	—
ОЭС Сибири	—	14,33	—	1,75

Рассмотрим потенциал альтернативной энергетики России.

Как было сказано в пункте 1.2, потенциал солнечной энергетики можно изучить по двум параметрам: суммарная солнечная радиация и продолжительность солнечного сияния.

Карта суммарной среднедневной радиации на территории России на наклонную поверхность с углом, равным широте местности представлена на рисунке 25.



Рисунок 25 – Суммарная среднедневная радиация на наклонную поверхность с углом, равным широте местности (в кВт/ч)

Проанализировав поступление солнечной радиации на территорию России можно определить, что благоприятными зонами для эффективного использования солнечной энергии является почти 42% территории [72].

В России в среднем продолжительность солнечного сияния варьируется от 1700 до 2000 часов в год (рисунок 26).

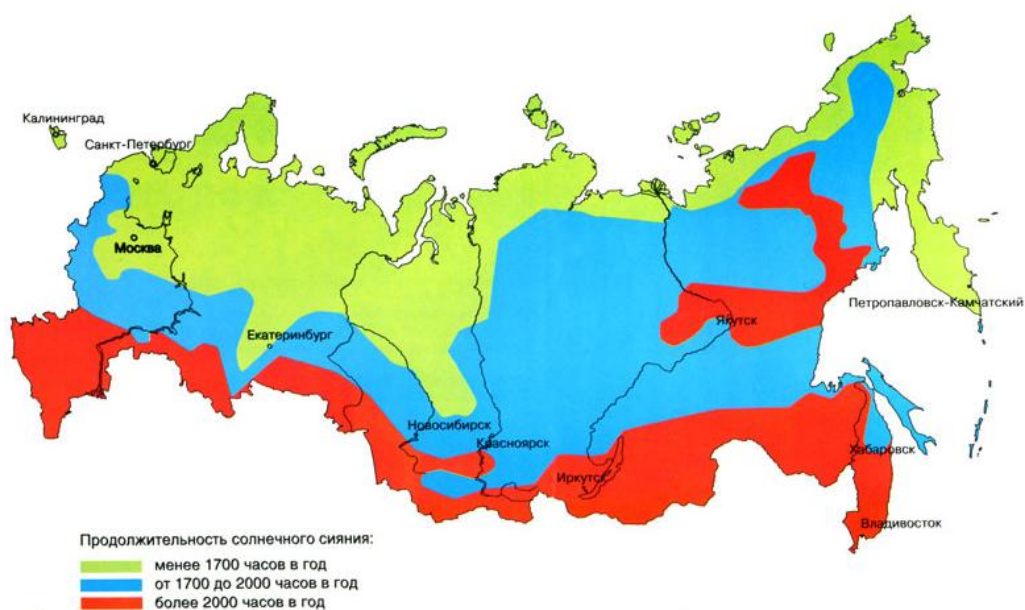


Рисунок 26 – Продолжительность солнечного сияния в России

Как рассчитано в исследовании [72], технический потенциал солнечной энергетики России огромен и равен значению $2,56 \cdot 10^9$ ГВт.ч/год, что соответствует использованию примерно 219,8 млрд т н.э. в год.

На рисунке 27 представлено распределение среднегодовой скорости ветра на территории России.

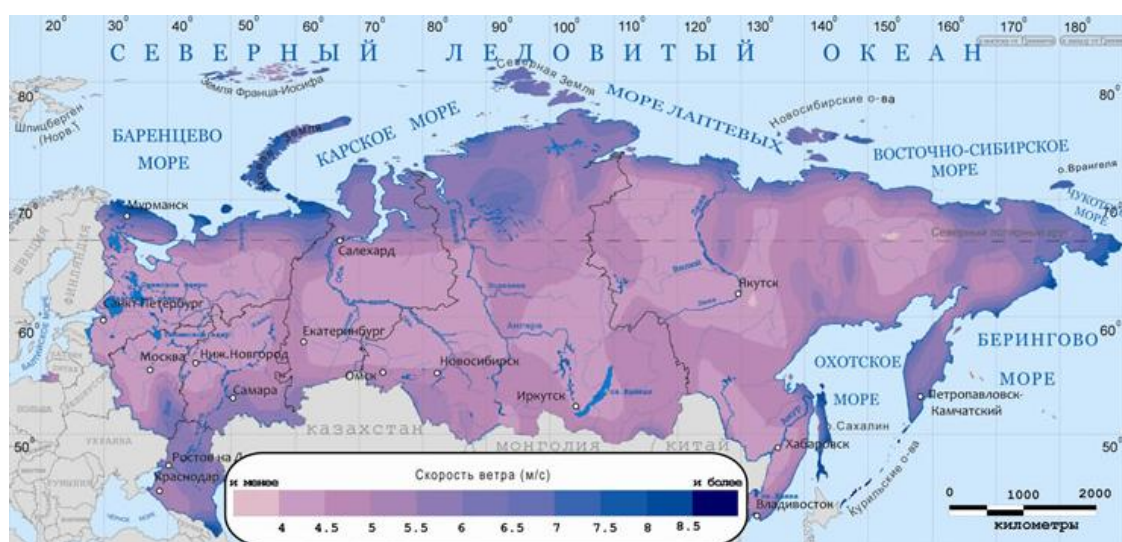


Рисунок 27 – Распределение среднегодовой скорости ветра на территории России

Учитывая тот факт, что ветроэнергетические установки начинают свою работу при условиях скорости ветра от 4 м/с, а также изучив карту (рисунок 21), можно сделать вывод, что для ВЭУ непригодна лишь 0,12% территории России, где скорость ветра ниже 4 м/с (рисунок 28).



Рисунок 28 – Распределение территории России по среднегодовой скорости ветра

Таким образом, практически вся территория России пригодна для использования ветроустановок[72]. Более того, суммарный технический потенциал ветроэнергетики России равен $6,847 \cdot 10^7$ ГВт.час/год, что соответствует использованию примерно 6 млрд т н.э. в год.

Россия, обладая высоким потенциалом для эффективного использования альтернативных источников энергии, также имеет огромную территорию, на которой можно разместить как ветроэнергетические установки, так и солнечные электростанции.

К одним из перспективных направлений АИЭ в России является биоэнергетика. Обладая 20% лесов нашей планеты (до 800 млн.т), в стране также имеются большие резервы сельскохозяйственных отходов (250 млн. т.) и твердых бытовых отходов (60 млн. т.).

В России широко используется геотермальная энергетика на Камчатке, Курильских островах, Северном Кавказе, Дагестане, в районе озера Байкал, на Урале, Алтае, в Саянах. Энергетический потенциал геотермальных ресурсов, залегающих на глубине 3 км, составляет 115 млн. т.у.т. в год [73].

Гидроэнергетические ресурсы – возобновляемый источник энергии, который используется в России эффективнее всех остальных ВИЭ. Установленная мощность гидроэнергетики России в 2015 году составляет 4,5% от всех установленных мощностей гидроэнергетики в мире [64]. Такое преимущество по сравнению с другими ВИЭ достигнуто за счет мощных ГЭС. Однако использование малых мощностей гидроэнергетики (мини-ГЭС, малые ГЭС) не широко распространено в России, хотя потенциал малых мощностей составляет 65 млн. т.у.т. [73].

Помимо высоких капитальных затрат, причинами низкой доли альтернативных источников в энергетике России являются [7574]:

- наличие барьеров институционального характера, связанных с отсутствием необходимых нормативных правовых актов, стимулирующих использование возобновляемых источников энергии;
- неконкурентоспособность проектов использования возобновляемых источников энергии в существующей рыночной среде по сравнению с проектами на основе использования ископаемых видов органического топлива;
- отсутствие инфраструктуры, требуемой для успешного развития электроэнергетики на основе возобновляемых источников энергии.

Тем не менее в РФ принимаются законодательные акты в поддержку ВИЭ [75].

1. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 N 1-р (ред. от 28.02.2017) «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2024 года». В данном распоряжении указаны комплекс мер в поддержку ВИЭ, а также целевые

показатели в данной области. Так, к 2024 году должны быть введены установленные мощности генерирующих объектов, функционирующих:

- на основе энергии ветра – 3351,2 МВт;
- на основе фотоэлектрического преобразования энергии солнца – 1759,4 МВт;
- на основе энергии вод (с установленной мощностью менее 25 МВт) – 425,4 МВт.

2. Федеральный закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ "Об электроэнергетике" (редакция от 28.12.2016). В результате постановления от 23 января 2015 года №47, в законе «Об электроэнергетике» предусмотрен механизм поддержки использования ВИЭ, в соответствии с которым сетевые компании в целях компенсации потерь обязаны покупать электроэнергию квалифицированных генерирующих объектов ВИЭ по регулируемым тарифам, устанавливаемым органами исполнительной власти субъектов Федерации в области государственного регулирования тарифов.

3. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года». Распоряжение предусматривает: государственную поддержку промышленности и научных институтов для обеспечения отрасли возобновляемых источников энергии российским оборудованием, комплектующими и передовыми технологиями; создание благоприятных условий для привлечения внебюджетных инвестиций с целью сооружения новых и реконструкции существующих генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии; поддержку развития малых предприятий, функционирующих на рынке энергетического сервиса в сфере возобновляемой энергетики; обеспечение доступности информации о формировании и реализации мероприятий по развитию возобновляемой энергетики.

Существуют также другие нормативно-правовые акты.

Законодательные акты действительно реализуются. Так, 30.11.15 стартовал отбор проектов на ВИЭ 2016-2019. В результате отбора были приняты к

реализации проекты: ветровой генерации (35 МВт на 2016 год); солнечной генерации (10 МВт на 2016 год и 270 МВт на 2019 год); гидрогенерации (49,8 МВт на 2019 год). Отборы по ветровой генерации на 2017-2019 годы и по гидрогенерации на 2016, 2017 и 2018 годы фактически не состоялись ввиду отсутствия заявок, а для отборов по солнечной генерации на 2017 и 2018 годы соответствующие квоты были выбраны на предыдущих конкурсах[76].

В Красноярском крае электростанции, функционирующие на основе альтернативных источников энергии, в основном малых или очень малых мощностей.

Солнечная энергетика на территории Красноярского края проявляется преимущественно в частных домохозяйствах. Самые крупные СЭС[77]:

- Автономная СЭС в Шарыповском районе – установленная мощность не более 500 Вт;
- СЭС в Богучанском районе – установленная мощность около 2 кВт;
- СЭС в п. СограКежемского района – установленная мощность 940 Вт;
- Самая мощная солнечная электростанция установлена на дебаркадере, курсирующему по Енисею. Мощности ее солнечных модулей достаточно для обеспечения плавсредства энергией как при буксировке, так и на стоянке.

Существуют и другие солнечные энергетические установки, используемые частными лицами в собственных нуждах.

Ветроэнергетика в Красноярском крае также развита очень слабо – все ВЭУ, подлежащие эксплуатации, малой или очень малой мощности. Наиболее крупные из них[77]:

- В июне 2009 года была введена в эксплуатацию ветроэлектростанция, состоящая из двух ВЭУ «Сапсан-5000» на территории Эвенкийского муниципального района в пос. Тура. Данная ВЭУ осуществляет электроснабжение коммерческого предприятия.
- Компания «Енисей-Телеком» осуществила строительство пробной ветродизельной электростанции (ВДЭС) для электроснабжения ретранслятора сотовой связи. Была выбрана отечественная ВЭУ «Бриз-5000».

Малая гидроэнергетика в Красноярском крае и по России в целом активно развивалась в сельской местности с 1945 по 1950 г.г. Однако уже в середине пятидесятых годов интерес к малой энергетике угас в связи с началом крупного энергетического строительства и созданием единой энергетической системы страны, что сделало МГЭС неконкурентоспособными в экономическом отношении. На территории Красноярского края гидроэлектростанция, которую можно отнести к малым, расположена на реке Енашимо, в поселке Северо-Енисейск. Енашимская ГЭС функционирует с 1961 года и её установленная мощность равна 5,3 МВт.

Таким образом, современное состояние альтернативной энергетики в России и Красноярском крае можно считать ниже удовлетворительного. Имея огромный потенциал возобновляемых ресурсов на территории страны и края, продолжается уничтожение невозобновляемых ресурсов, таких как нефть, газ и уголь, повышая тем самым выбросы вредных веществ в атмосферу при нынешних экологических проблемах. Альтернативная энергетика занимает 0,04% от общей доли производства электроэнергии на территории РФ, в то время как многие страны Европы и Азии, а также США, обеспечивают за счет альтернативных источников от 20 до 90% всех потребностей в электроэнергии. Стимулирование альтернативной, или «зелёной», энергетики должно производиться ещё более эффективно, в том числе на законодательном уровне.

2 Обоснование разработки электронного сервиса по продвижению АИЭ

2.1

Обоснование использования альтернативных источников энергии для частных домохозяйств в Красноярском-крае. Анализ погодных условий в Красноярском крае

Уровень электропотребления в Сибирском федеральном округе в 2016 году в соответствии с данными Росстата составил 215,6 млрд. кВт·ч [79], включая электропотребление в централизованной зоне ОЭС Сибир и, в зоне Таймырской энергосистемы и прочее электропотребление, обеспечиваемое главным образом дизельными электростанциями и агрегатами. На рисунке 29 представлена общая картина электрообеспечения Красноярского края.

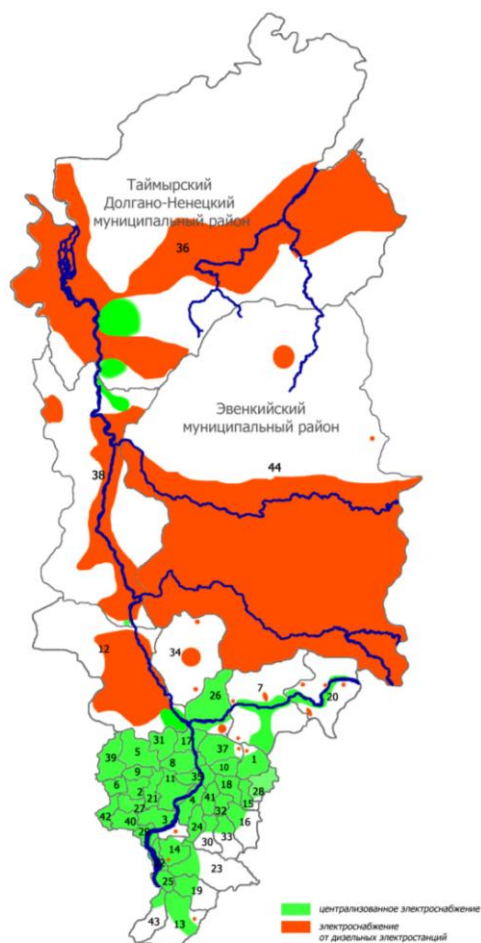


Рисунок 29—Карта энергообеспечения Красноярского края

На карте отображены районы, обеспеченные централизованным электроснабжением и районы, обеспеченные электроснабжением от дизельных электростанций (ДЭС).

Районы централизованным энергообеспечением характеризуются:

- наличием первичных природных энергоресурсов;
- развитой транспортной коммуникацией;
- расположением поблизости к развитым экономическим центрам.

К таким районам в Красноярском крае следует отнести Красноярский экономический район и Норильский экономический (промышленный) район.

Данные районы имеют высокий энергетический потенциал, который находится в постоянном развитии и не испытывает энергодифицита как в настоящее время, так и в ближайшей перспективе. Возможность использования альтернативных источников энергии здесь возможно в небольших объёмах (частных случаях) для решения задач обеспечения энергией определенных небольших объектов, к которым подвод централизованного обеспечения энергии крайне затруднен или энергообеспечение объекта нестабильно.

Районы децентрализованной системой энергообеспечения характеризуются:

- отдаленностью от социально-экономических центров;
- слабо развитой инфраструктурой (в том числе транспортной);
- использование ДЭС как основных источников электроэнергии.

Децентрализованная система электрообеспечения муниципальных районов края состоит из 245 ДЭС и дизель-генераторов (ДГ) (без учета коммерческих организаций и частных лиц), из которых 159 ДЭС и ДГ используются круглогодично для постоянного получения электроэнергии, и являются основными источниками электроэнергии в 118 населенных пунктах 13 муниципальных районов [77].

Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на дизельных агрегатах оценивается в среднем 20-

38рублейза1кВт×ч [77].Высокая себестоимость связана с издержками: покупка дизельного топлива и дорогостоящая транспортировка (равна двукратной цене топлива). Столь высокая себестоимость вырабатываемой электроэнергии на ДЭС требует детального рассмотрения вопроса обеспечения электроэнергией муниципальных районов Красноярского края.

В исследовании [77] по стоимости электроэнергии былиопределены особые энергодефицитные районы (Енисейский, ТаймырскийДолгано-Ненецкий, Туруханский и Эвенкийский муниципальный районы), а также районы,имеющие энергодефицитныепоселенияи неудовлетворительноетехническое состояние энергоисточников (Абанский,Балахтинский,Богучанский,Ермаковский,Идринский,Кежемский,Мотыгинский,Северо-Енисейский,Тасеевский,Емельяновский,Большеулуйский,Нижнеингашский).

Вышеперечисленные районы являются наиболее перспективными с точки зрения применения АИЭ. Для данных районов характерны высокиеперепадынагрузок электроэнергии,каквтечение суток,такипосезонам. АИЭ могут использоваться здесь для покрытия пиковых нагрузок автономно либо в сочетании с дизель-генераторными установками. Внедрение АИЭ вторым способом позволяет ограничитьиспользованиедизель-генераторовпокрытиембазовойчастиграфиканагрузок, чтосократитобъемпотребляемогодизельноготоплива.

Рассмотрим эффективность различных альтернативных источников энергии на территории Красноярского края.

1. Солнечная энергия.

Для расчета целесообразности применения солнечной энергии в муниципальных образованиях Красноярского края следует взять удельноезначениеэнергиисолнечнойрадиации,выраженноевкВт·ч/м²задень. Такой подход годится толькодляоценкипотенциалабольшихпоплощадырайонов,ккоторымотносятсяи муниципальныерайоны. При оценке малых площадей необходимо учитывать и

другие факторы: высота места над уровнем моря и закрытость горизонта [82]. На рисунке 30 представлена карта Красноярского края, где цветовой шкалой описывается средняя за период сумма солнечной радиации в $\text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$ за день.



Рисунок 30 –

Схема суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность (год) для территории Красноярского края.

Анализ валового потенциала солнечной энергии в разрезе муниципальных образований проведен с помощью исследования [82]. В таблице 11 рассчитаны усреднённые по площади районов значения потенциалов.

Таблица 11 – Оценка валового потенциала солнечной энергии для Красноярского края в разрезе муниципальных образований

Муниципальный район	Валовой потенциал СИ, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$ за год	Муниципальный район	Валовой потенциал СИ, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$ за год
Абанский	1107	Курагинский	1138
Ачинский	1104	Манский	1119
Балахтинский	1121	Минусинский	1155

Березовский	1117	Мотыгинский	1053
Бирилюсский	1083	Назаровский	1114
Боготольский	1105	Нижнеингашск.	1122
Богучанский	1067	Новосёловский	1126
Большемуртинский	1087	Партизанский	1125
Большеулуйский	1100	Пировский	1080

Продолжение таблицы 11

Муниципальный район	Валовой потенциал СИ, кВт·ч/м ² за год	Муниципальный район	Валовой потенциал СИ, кВт·ч/м ² за год
Дзержинский	1105	Рыбинский	1117
Емельяновский	1107	Саянский	1125
Енисейский	1022	Сев.-Енисейский	1011
Ермаковский	1205	Сухобузимский	1107
Идринский	1130	Таймырский	757
Иланский	1125	Тасеевский	1090
Ирбейский	1127	Туруханский	914
Казачинский	1086	Тюхтетский	1093
Канский	1111	Ужурский	1117
Каратузский	1158	Уярский	1115
Кежемский	1077	Шарыповский	1115
Козульский	1107	Шушенский	1198
Краснотуранский	1139	Эвенкийский	921

По валовому потенциалу поступления солнечной радиации в пределах Красноярского края можно выделить следующие четыре зоны:

I – районы, расположенные в южной части края, со среднегодовой суммой

суммарной радиации на горизонтальную поверхность, составляющей 1100..1200 кВт·ч/кв.м при средних значениях облачности, прозрачности атмосферы и открытости горизонта. Такие условия обеспечивают стабильную эксплуатацию солнечных энергоустановок. Особенно выделяются на общем фоне Ермаковский и Шушенский районы с показателем потенциала около 1200 кВт·ч/кв.м за год, а также Каратузский и Минусинский районы с показателем потенциала до 1150 кВт·ч/кв.м

В связи с высоким количеством солнечной радиации в зимнее время здесь возможно почти круглогодичное использование солнечных энергоустановок.

II – преимущественно центральная часть Красноярского края. Среднее значение валового потенциала за год составляет 1000–1100 кВт·ч/кв.м [84], что в основном удовлетворяет требованиям эксплуатации малых и средних солнечных энергоустановок.

III – северная часть Красноярского края. Среднегодовая суммарная радиация составляет менее 930 кВт·ч/кв.м за год. В этой зоне условия неблагоприятны для использования крупных и средних солнечных энергоустановок.

IV – Крайний Север – Таймырский район: около 760 кВт·ч/кв.м за год – неблагоприятные условия для использования солнечной энергетики.

Изучение распределения мощности солнечного излучения по месяцам [82] позволяет сделать вывод, что эффективная работа солнечных энергоустановок в центральной части Красноярского края до широты 57°–58° продолжается с апреля по август [83]. Несколько южнее период их эффективной работы увеличивается с марта по сентябрь, а на южной «оконечности» края, в связи с высоким количеством солнечной радиации возможно почти круглогодичное использование гелиоустановок.

По данным карты солнечных энергоресурсов России можно определить продолжительность солнечного сияния в год на территории Красноярского края (рисунок 31). Поэтому параметр, в большей части края попадает в благоприятную зону для солнечных энергоустановок, с величиной солнечного сияния до 2000 часов за год (1700–2000 час/год).



Рисунок 31 – Продолжительность солнечного сияния в год

В исследовании [82] было произведено районирование Красноярского края по перечисленным показателям (суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность и продолжительность солнечного сияния в год), а также по другим показателям, определяющим целесообразность использования солнечной энергии (суммарный поток радиации, приходящей на поверхность гелиоприёмника-коллектора и удельная выработка электрической энергии фотогенератором). По результатам в Красноярском крае были выделены 3 зоны (рисунок 32):

- I солнечная зона (■) — наиболее благоприятная для использования солнечной энергетики;
- II солнечная зона (□) — достаточно благоприятная для использования солнечной энергетики;
- III солнечная зона (□) — неблагоприятная для использования солнечной энергетики.

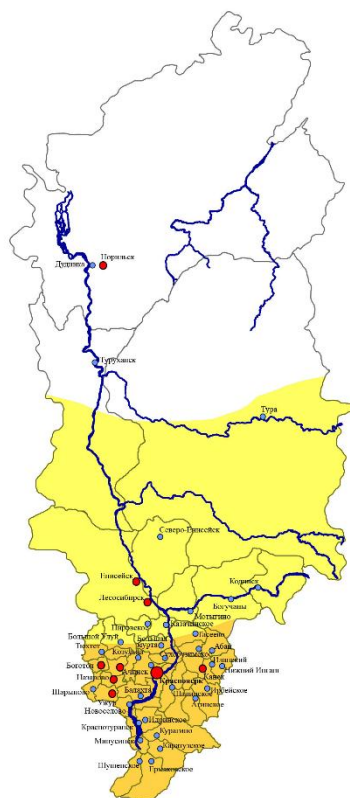


Рисунок 32 – Районирование солнечных энергоресурсов Красноярского края

Таким образом, в зоне среднего солнечного потенциала (II) возможно применение солнечных батарей, а в зоне высокого солнечного потенциала (I) рекомендуются к применению солнечные электростанции.

По показателям средней дневной солнечной радиации и продолжительности солнечного сияния южную часть Красноярского края вполне можно сравнить, например, с Германией. Вместе с тем, эта страна считается мировым лидером по солнечной энергии – так как в ней установлено примерно столько же солнечных электростанций, сколько во всех остальных странах мира, вместе взятых, и Германия получает из этих источников около 20% необходимого электричества [85].

Конечно же, есть существенная разница в климатических условиях – по продолжительности зимнего периода и минимальным годовым температурам Кра

сноярский край находится в худших условиях. Тем не менее, приведённый пример подтверждает принципиальную возможность использования гелиоэнергетики на территории Сибири. Это перспективный вариант для отдалённых автономных потребителей, не имеющих возможности использования электроэнергии, или желающих заместить часть электрической энергии возобновляемыми её видами. В этом случае даже относительно невысокая плотность солнечной радиации не является препятствием для развития местной солнечной энергетики.

2. Ветроэнергетика

В исследовании [8082] были проанализированы энергоресурсы ветра на территории Красноярского края. Исходными параметрами для выполнения районирования служили значения средней годовой многолетней скорости ветра, приведенные к условиям открытой местности на плоских или выпуклых формах рельефа на высоте 10 м от поверхности земли. Эффективной зоной использования ветроэнергетических установок на территории России следует считать зону со среднегодовой скоростью ветра, составляющей 5 м/с и более [86].

Исходя из вышесказанного, для удобства и наглядности представления информации, в исследовании [8082] предлагается районирование по 3 основным зонам (рисунок 33):

- I ветровая зона. (■) Зона с большим ветроэнергетическим потенциалом (перспективная для электроснабжения всеми классами мощности ВЭУ);
- II ветровая зона. (□) Зона с средним ветроэнергетическим потенциалом (возможна установка ВЭУ любого класса мощности для электроснабжения децентрализованных потребителей);
- III ветровая зона. (□) Зона с малым ветроэнергетическим потенциалом (основная часть территории непригодна для использования ветроэнергетики вообще).

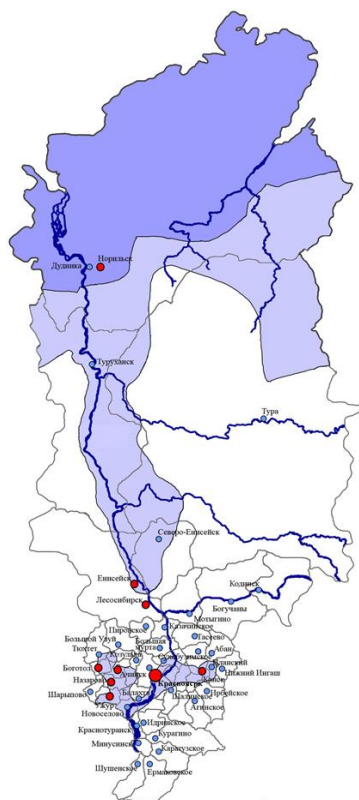


Рисунок 33 – Районирование Красноярского края по 3 ветровым зонам

Таким образом, наибольшим ветроэнергетическим потенциалом обладает северная часть края – Таймырский Долгано-Ненецкий муниципальный район.

Большая часть территории муниципального района является энергодефицитной и получает электроэнергию от ДЭС. Генерирующие мощности ВЭУ позволяют ежегодно экономить 6470,45 тонн дизельного топлива [80], что составляет около 5,1% от общего расхода дизельного топлива для электроснабжения удаленных пунктов.

Развитие масштабной ветроэнергетики в других муниципальных образованиях также возможно, но будет перспективно после получения опыта эксплуатации ВЭУ на территории Таймыра.

3. Малая гидроэнергетика

Возможность внедрения конкретных объектов малой гидроэнергетики определяется спецификой гидроресурсов (наличием рек, их гидрологическими особенностями), требованиями к объему производимой электроэнергии (наличием промышленных потребителей, количеством потребителей, плотность

ь их размещения на электрифицируемом участке), ландшафтными, экологическими особенностями региона (возможность установки плотин, строительства отводных рукавов, наличием экзотических природных объектов в предполагаемой зоне затопления и т.д.).

Эксплуатация микроГЭС невозможна в следующих случаях:

- если скорость течения менее 0,5 м/с;
- в период ледоста-

ва, если расстояние от нижней кромки льда до дна меньше заданной глубины;

- в летний период, если уровень воды падает ниже заданного значения;
- в период ледостава на малых глубинах, если идет шуга по дню;
- если вода насыщена крупными почвенными частицами;
- в период паводка, при большой зоне затопления.

К измеримым гидрологическим параметрам в исследовании [81] относятся: скорость течения реки; глубина и ширина русла на заданном участке; объем водостока; величина почвенных частиц в воде.

В целом по Красноярскому краю картина распределения гидроресурсов ВИЭ характеризуется следующими закономерностями:

- Гидроресурсы района для малой энергетики крайне неравномерны – 42 района края имеют технический потенциал почти 100 ГВт [81], а первые семь районов (Мотыгинский, Курагинский, Богучанский, Назаровский, Большемуртинский, Каратузский, Абанский) располагают почти 60% всего гидроэнергетического потенциала малой энергетики края;
- Подавляющее большинство населенных пунктов размещено по берегам рек, следовательно, существует широкий выбор населенных пунктов для реализации проектов энергообеспечения от мини и микроГЭС;

Сточки зрения гидроэнергетического потенциала и энергодефицита перспективными к строительству малых гидроэлектростанций являются населенные пункты

рай-

онов: Абанского, Дзержинского, Курагинского, Мотыгинского, Ирбейского, Балахтинского (рисунок 34).



Рисунок 34 – Гидроэнергетический потенциал малой энергетики районов

Таким образом, районы, расположенные севернее Енисейского района (Северо-Енисейский, Туруханский, Эвенкийский, Таймырский) текут по равнинной местности, характерной малыми уклонами и скоростями водных потоков. Реки этих районов имеют период ледостава более 200 дней в году, при глубине многих (68%) рек в зимний период менее 1 метра и толщине ледового покрова не менее 1 метра. В зимний период реки промерзают до дна. Эти факторы сочетаются с крайне малой плотностью населения, что делает маловероятным использование имеющихся на этой территории водных ресурсов для электроснабжения в зимний период.

Возникает проблема: большинство мировых производителей мини и микроГЭС не работают на Российском рынке и не готовы к адаптации конструкции своих изделий к суровым климатическим условиям Красноярского края, особенно к реальному диапазону зимних отрицательных температур, который сказывается на характеристиках смазочных и уплотнительных материалов и сни-

жении прочностных характеристик конструкционных материалов энергоустановок и других компонентов малых ГЭС.

4. Биоэнергетика

В исследовании [87] подробно была изучена возможность использования энергии биогаза на территории Красноярского края. Строительство биогазовых станций для электроснабжения энергодефицитных районов не перспективно, т.к. для функционирования биогазовой станции требуется крупное животноводческое хозяйство. Все крупные животноводческие хозяйства края находятся в зоне централизованного электроснабжения.

На территории Красноярского края имеется около 15 крупных животноводческих хозяйств, которые могут быть источниками биомассы (сырья) для биогазовых станций. Для указанных 15 предприятий возможно строительство биогазовой станции электрической мощностью от 1 МВт и более. На рисунке 35 указаны муниципальные районы, перспективные для строительства биогазовых станций (■).



Рисунок 35 – Районирование Красноярского края по потенциалу биогаза

Биогазовая энергетика может развиваться большими темпами и решить проблему электро- и теплоснабжения в сельско-хозяйственных населенных пунктах Красноярского края. Биогазовую энергетику перспективно развивать комплексно, используя электроэнергетический, теплоэнергетический ресурс производства удобрений для нужд сельского хозяйства.

Исследование [87] показало, что при применении торфа как источника энергетического топлива целесообразно в случае значительной удаленности населенных пунктов от угольных разрезов и отсутствия развитой транспортной инфраструктуры (отсутствие ж/д дороги) в сочетании с незначительной удаленностью населенного пункта от месторождения торфа. С учетом данных факторов наиболее перспективными муниципальными районами для применения видов торфяного топлива являются Енисейский, Сухобузимский, Ермаковский и Кежемский районы. С учетом расположения лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий наиболее перспективными для применения являются населенные пункты г.Кодина, с.Кежемского муниципального района, с.Богучаны Богучанского муниципального района, г.Лесосибирск (городской округ на территории Енисейского муниципального района).

На основе выполненной технико-экономической оценки можно сделать вывод, что в ряде районов применение таких видов топлива как торф является перспективным. Определяющим фактором масштабов применения торфа в перспективных районах является себестоимость его добы-

чи. Определяющим фактором применения является ее объем и расположение лесозаготовительных или деревообрабатывающих предприятий относительно потребителя тепловой и электрической энергии.

Красноярский край – обширная территория, граничащая с Северным Ледовитым океаном. Как показали предыдущие исследования, территории края обладают высоким ветроэнергетическим, солнечным и гидропотенциалом. В свою очередь, есть типы ВИЭ, которые не перспективны на территории края. Этим типам ВИЭ относятся [88]:

- Геотермальная энергетика, т.к. Красноярский край расположен на территории древних складчатостей и Среднесибирской низменности. Геотермальные ресурсы расположены на большой глубине (более 100 м);
- Тепловые насосы, использование которых на территории края технически возможно, но на данный момент не конкурентоспособно с другими видами генерации тепловой энергии;
- Приливная энергетика, т.к. Большую часть времени бухты северного ледовитого океана покрыты толстым льдом, что препятствует работе приливной электростанции;
- Энергия морских волн, т.к. Море Лаптевых и Карское море большую часть года покрыты льдами, а существующие проекты волновых электростанций требуют открытой воды. Поэтому использование волновой энергии этих морей является мало перспективным.

Подводя итог, можно сделать некоторые выводы.

Во-первых, Красноярский край обладает большим потенциалом альтернативных источников энергии, однако по причине наличия традиционных источников, потенциал альтернативных источников в структуре энергообеспечения края не использовался более чем на 1%.

Во-вторых, чтобы реализовать функционирование АИЭ в крупных масштабах (в масштабах электростанций), необходимы детальные локальные рас-

четы эффективности и целесообразности такого шага. Это требует больших капитальных вложений.

В-третьих, проведенный анализ показал, что уже сейчас можно использовать энергию альтернативных источников в частных домохозяйствах Красноярского края. Использование солнечной энергетики перспективно для домохозяйств центральной и южной части края; использование ветроэнергетики принесет большую эффективность в северной части края в крупных масштабах и в центральной части для частных домохозяйств.

2.2 Анализ финансово-хозяйственной деятельности ООО «Партнер»

Общество с ограниченной ответственностью «Партнер» является поставщиком услуг, оказывает услуги по сервису, а также занимается оптовой и розничной продажей оборудования.

Компания «Партнер» появилась 31 октября 2016 года результате реструктуризации компании «АВС строй», существующей на рынке с 2012 года. Это произошло в связи с выделением новых направлений в деятельности компании.

Компания располагает офисными помещениями, в которых реализуются представительские функции компании, а также находятся рабочие места директора, бухгалтера и менеджеров; и складами, где находится товар и оборудование, необходимое для реализации услуг.

Численность компании составляет 19 человек:

- Директор управляет производственной, хозяйственной, экономической деятельностью организации;
- Бухгалтер осуществляет бухгалтерский учет, контролирует первичную документацию, рассчитывает заработную плату;
- Менеджеры занимаются работой с клиентами: регистрируют поступившие заявки, занимаются поиском новых клиентов, рассматривают коммерческие предложения и тендеры. В структуре компании на данный момент 5 менеджеров;

– Выездные специалисты производят измерительные работы, а также отделочные, монтажные, ремонтные работы. В компании 5 бригад выездных специалистов по 2 человека в каждой бригаде;

- Водитель;
- Кладовщик.

Компания сотрудничает с крупными поставщиками: Alutech, Hoermann, DoorHan, FAAC, One-Sun, Sunways и другими. ООО «Партнер» реализует поставки оборудования оказывает услуги многим крупным компаниям, в том числе ООО «Аэропорт Емельяново» и ОАО «Алроса-Газ».

ООО «Партнер» динамично развивающаяся компания. Прибыль компании складывается из продажи и последующей установки оборудования и оказания услуг (рисунок 36).

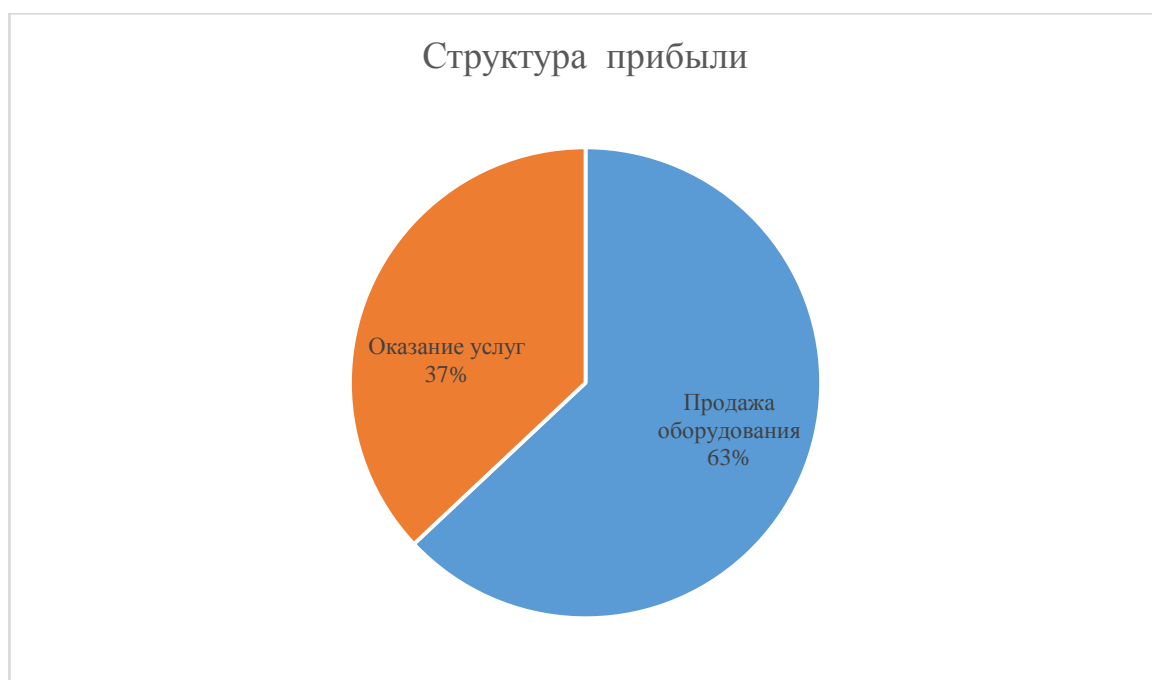


Рисунок 36 – Структура прибыли ООО «Партнер» за декабрь 2016 – апрель 2017 г.

Услуги, которые предоставляет ООО «Партнер»:

- строительство (частные жилые дома, бани, гаражи, дачные дома)
- ремонтные работы (внутренняя отделка помещений, капитальный ремонт квартир и т.д.);

- отделочные работы (внутренняя и наружная отделка домов);
- монтажные работы;
- промышленный альпинизм (герметизация межпанельных швов, другие высотные работы);
- инженерные работы
- сервисное обслуживание.

Товары, которые предлагает компания:

- 1) промышленное оборудование и мебель:
 - тепловое оборудование (тепловые завесы, пушки, тепловентиляторы, сушилки и др.);
 - противопожарное оборудование;
 - ПВХ завесы;
 - перегрузочное оборудование;
 - окна ПВХ;
 - двери (входные, противопожарные);
 - производственная мебель (металлические стеллажи и шкафы, сейфы, тумбы и др.);
- 2) оборудование для частного использования: водонагреватели; кондиционеры; автоматические ворота и комплектующие; фасадные панели и кровля, сайдинг; рольставни; водосточная система; шлаубаумы; утеплители; альтернативные источники энергии.

Направление продажи оборудования, функционирующего на альтернативных источниках энергии, является новым для ООО «Партнер». Идея поставки оборудования такого типа возникла в октябре 2016 года.

Причиной начала поставки и продажи данного оборудования послужили:

- мировой тренд перехода на «зелёную» энергию;
- ухудшение экологии в городе Красноярске;
- перспективы развития в данном секторе;
- отсутствие конкуренции в крае.

Компания специализируется на оборудовании, действующем на таком альтернативном источнике, как солнечная энергия.

Оборудование делится по функциональному назначению: оборудование для генерации электроэнергии и тепловое оборудование. К оборудованию для генерации электроэнергии относятся: солнечные модули, контроллеры заряда солнечных батарей, инверторы, аккумуляторные батареи, аксессуары и комплектующие.

В совокупности всё вышеперечисленное оборудование представляет собой автономные/гибридные энергосистемы, которые могут обеспечить электроэнергией от малых объектов до загородных домов.

К тепловому оборудованию относятся:

- баки-теплоаккумуляторы;
- баки косвенного нагрева;
- баки-холодоаккумуляторы и электробаки;
- вакуумные и плоские солнечные коллекторы;
- тепловые насосы;
- электроводонагреватели.

На данный момент в структуре прибыли продажа оборудования АИЭ составляет 5%. Это связано с относительно недавним началом поставок данного оборудования. Преимущественно преобладают продажи солнечных панелей.

2.3 Обоснование необходимости разработки информационно-аналитического ПО для расчета эффективности использования альтернативных источников энергии

Оборудование генерации электроэнергии, которое представлено для реализации в ООО «Партнер», представляют собой солнечные фотоэлектрические станции как готовые решения (автономная солнечная энергосистема – АСЭ) и комплектующие этих систем.

Чаще всего АСЭ представляет собой систему, в которых входят:

- 1) Солнечный модуль.

Солнечные модули выполнены в виде панели, заключенной в каркас из алюминия и в профиль [89]. Панель представляет собой фотоэлектрический генератор, состоящий из стеклянной плиты, стальной стороны которой между двумя слоями герметизирующей (ламинирующей) пленки размещены солнечные элементы, электрически соединенные между собой металлическими шинами. Нижний слой герметизирующей пленки защищен от внешних воздействий слоем защитной пленки. Внутренней стороне корпуса модуля прикреплен блок терминалов, под крышкой которого размещены электрические контакты, предназначенные для подключения модуля.

Модули производятся из псевдоквадратных монокремниевых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) покрытых антиотражающим покрытием.

Солнечные модули выпускаются в 2 вариантах исполнения – со обычным стеклом (малые модули мощностью менее 30 Вт) и со специальным закаленным стеклом. При использовании специального стекла минимизируются потери в стекле, которые составляют около 15% при использовании обычного стекла. При этом мощность модулей одинаково размера отличается примерно на 15-20%. Цена модулей с закаленным стеклом немного выше за счет более дорогого стекла.

Рабочее напряжение фотоэлектрических модулей 12 В или 24 В (в зависимости от схемы подключения). На заказ возможно изготовление маломощных модулей (примерно до 30 Вт) рабочим напряжением 6 В. Также, производятся поликристаллические модули нестандартным напряжением около 21 В. Такие модули обычно используются в высоковольтных фотоэлектрических системах, или в местах МРРТ контролерами зарядки.

Количествомодулейопределяетсякомплексно,последующимпоказателям:графикнагрузкипотребителя, показатели солнечной радиации; уголнаклонаповерхности, гдерасположенысолнечныеэлементы.

Солнечныеэлементырасполагаютсянакрышедома(рисунок37).Солнечныеэлементывозможнорасполагатьнаюжном,западномивосточнойсклонахкрыши.Расположениесолнечныхэлементовнаюжномсклонепозволитполучитьнаибольшуюпроизводительностьсолнечныхпанелей.

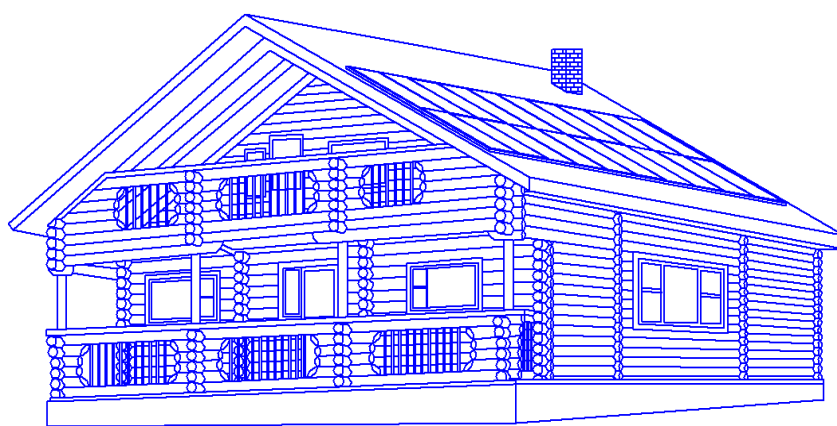


Рисунок 37 – Установка солнечных модулей на крыше дома

В ООО «Партнер» представлены солнечные модули брендов SunWays и OneSun. В таблице 12 представлены технические характеристики некоторых модулей бренда SunWays.

Таблица 12 – Технические характеристики солнечных модулей SunWays

Наименование параметров	ФСМ-30П	ФСМ-100П	ФСМ-160П	ФСМ-200П	ФСМ-260П
Номинальная мощность(Вт)	30	100	160	200	260
Номинальное напряжение(В)	12	12	12	24	24
Напряжение при пиковой мощности	17.3	17.4	18.8	24.8	31.3
Ток при пиковой мощности(А)	1.74	5.75	8.51	8.06	8.31
Ток короткого замыкания(А)	1.89	6.31	9.21	8,72	8.99
Напряжение холостого хода(В)	21.7	21.7	22.9	30	38.2
Максимальное напряжение в системе(В)	1000	1000	1000	1000	1000
Количество элементов	36	32	36	48	60
Размер элементов(мм)	156x39	156x156	156x156	156x156	156x156
Стоимость(руб.)	2300	5290	9600	11845	14490

Под энергетической эффективностью солнечного модуля понимают отношение энергии, доставляемой нагрузке, к энергии, которую может выработать солнечный модуль в режиме максимальной мощности.

Вольт – амперная характеристика (ВАХ) – основная характеристика солнечной батареи, отражающая её энергетическую эффективность.

Работа солнечных батарей в наземных условиях происходит при переменной интенсивности солнечного излучения (СИ), поступление которой определяется суточным ходом, метеоусловиями, прозрачностью атмосферы. Следует отметить, что изменение мощности батареи происходит в основном за счёт изменения тока солнечной батареи. С ростом интенсивности СИ, линейно растут ток и мощность при этом напряжение на выходе батареи изменяется в узком пределах изменения интенсивности. Однако этот закон сохраняется лишь при сравнительно высоких значениях СИ, в противном случае, при низкой интенсивности, напряжение резко падает до нулевого значения (как и остальные параметры солнечной батареи). В связи с этим, при прямом подключении солнечной батареи к потребителю, могут возникнуть перепады мощности, что является нежелательным.

Влияние температурной деградации солнечного элемента приводит к снижению КПД элемента, также, как и изменение интенсивности излучения относительно эталонных значений.

Факторами, значительно уменьшающими количество генерируемой энергии, являются невысокий реальный средний КПД кремниевых фотоэлементов массового производства (12 – 14%) и недоиспользование генерирующих возможностей выбранной солнечной батареи.

2) Контроллер заряда.

Любая автономная система электроснабжения, содержащая в своём составе аккумуляторные батареи, должна иметь средство контроля заряда и разряда аккумулятора.

ров. Следовательно, в систему автономного электроснабжения вводятся устройства, которые отключают нагрузку от аккумуляторных батарей если они недопустимо разряжены-

ны, а также отключают источник энергии (фотоэлектрическую батарею, ветротурбину и т. п.) если аккумуляторы предельно заряжены [90].

Контроллеры заряда могут быть встроены в инверторы или блоки бесперебойного питания. В ББП обычно встраиваются зарядные устройства.

Напряжения отключения нагрузки для свинцово-кислотных батарей обычно лежат в пределах -хот 10,5 до 11,5 В. Для 12 В аккумуляторных батарей при более чем 10- часовом разряде это означает использование от 100% до 20% номинальной емкости. При более быстрых разрядах количество отбираемой емкости уменьшается.

Напряжение отключения источника энергии обычно равно 14-14,3 В. Это предотвращает газовыделение при заряде аккумуляторных батарей. Существуют контроллеры заряда, в которых предусмотрен режим «выравнивания».

Такой режим необходим периодически для заливных батарей, напряжение заряда при этом должно быть только -ло 15 В. Для герметичных батарей такой режим запрещен.

В таблице 13 представлены технические характеристики некоторых контроллеров заряда бренда EPSolar.

Таблица 13 – Технические характеристики контроллеров заряда бренда EPSolar

Модель	LandSta r0512E	LandStar 1012EU	LandSta r1024E	LandSta r2024E	LandStar 0512EU	LandStar 1024EU	LandStar 2024EU
Максимальный-ток заряда	5A	10A	10A	20A	5A	10A	20A
Рабочее напряжение	12В	12В	12В/24В	12В/24В	12В	12В/24В	12В/24В
Максимальное-напряжение АКБ	16В	16В	32В	32В	16В	32В	32В

3) Аккумуляторная батарея.

В автономных системах электроснабжения для сохранения вырабатываемого первичным источником энергии электричест-

ва, а также для обеспечения стабильности выходного напряжения при разных режимах эксплуатации, применяются аккумуляторные батареи различных типов.

Аккумуляторные батареи должны иметь достаточную емкость для поддержания выдачи мощности потребителю на протяжении продолжительного времени. Поскольку солнечные батареи вырабатывают электрическую энергию каждый день, задача аккумуляторных батарей поддерживать автономную систему электроснабжения в ночное время.

4) Инвертор;

Инверторы служат для преобразования постоянного напряжения от аккумуляторов солнечных батарей в переменное напряжение 220-380 В.

Если инвертор встроено зарядное устройство для подзарядки аккумуляторов и питания от сети, а также блок слежения за наличием качества напряжения в сети, то такое устройство называется блоком бесперебойного питания (ББП). При пропадании напряжения в сети, или выходе его значения за установленные пределы, ББП автоматически переключается на питание от аккумуляторов [91].

5) Прочее дополнительное оборудование (трекеры, мониторы, датчики и др.).

На рисунке 38 представлена схема автономной солнечной электростанции.

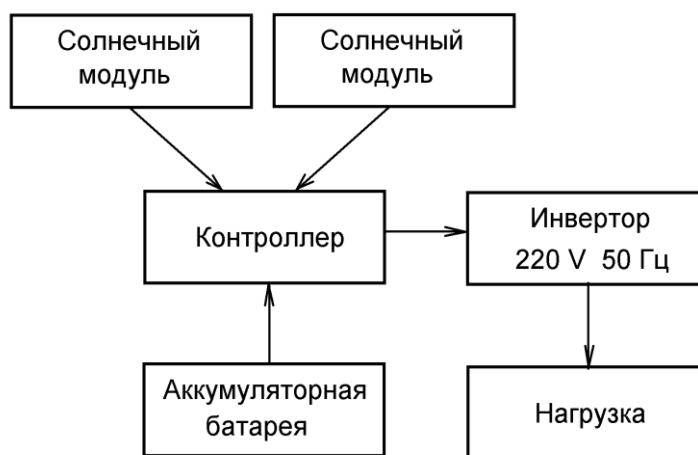


Рисунок 38 – Схема автономной солнечной электростанции

Помимо автономных солнечных электростанций, существуют сетевые и гибридные солнечные электростанции. В схеме сетевых электростанций отсутствует аккумулятор, его роль выполняет подключение к сети. Гибридные электростанции имеют два или более разнотипных источника электрической энергии, помимо солнечных батарей.

Неэффективное использование солнечной энергии обусловлено следующими угрозами:

- Неверный угол расположения солнечных модулей относительно излучения.

Неоптимальное расположение солнечной батареи относительно Солнца приводит к снижению солнечной энергии, попадающей на её поверхность, как следствие, к снижению её энергоэффективности. Недоиспользование солнечных батарей по энергии может достигать 30-50%;

- Неправильно подобранные характеристики оборудования. Так, если пиковая мощность инвертора окажется ниже необходимой, то он не выдержит пусковых нагрузок. Если правильно подобрать контроллер, энергосистема повысит выработку энергии. В случае, если аккумуляторы будут меньшего объёма, чем необходимо, неизбежны перебои в энергообеспечении;

- Если неверно подобрать рабочее напряжение модулей и схему их подключения, то под сомнение ставится не только эффективность системы, а в целом её работоспособность;

- Если не учесть график энергопотребления при покупке модулей, система может быть неспособной обеспечить неучтенные потребности в электроэнергии;

- Непропорциональный выбор емкости аккумулятора и мощности солнечных модулей может снизить эффективность электроотдачи.

И это далеко не все угрозы.

Чтобы избежать проблем с установкой и функционированием солнечной энергосистемой, необходимо произвести большое количество расчетов: суммарное потребление энергии в день; пиковая мощность бытовой и любой дру-

гой техники в доме; а также необходимо учесть географическое положение в плане и количества часов солнечного сияния на территории, где предполагается расположение солнечной энергосистемы.

Проведение необходимых расчетов с учетом всех влияющих факторов – довольно сложное занятие. Покупатель энергосистемы не сможет сделать это качественно, не зная многих нюансов. Комплектация энергосистемы специалистом с предварительным расчетом может занять много времени и не исключает влияние человеческого фактора.

Автоматизация процедуры расчета характеристик и эффективности оборудования могла бы значительно изменить процесс выбора комплектации энергосистемы. Причины разработки информационно-аналитического программного обеспечения (ПО):

- Ускорение процесса расчета;
- Исключение ошибок;
- Учет всех факторов энергопотребления;
- Учет географического положения объекта энергообеспечения;
- Проведение анализа.

Разработка информационно-аналитического ПО позволит:

- Клиентам: быстро узнать стоимость и комплектацию солнечной энергосистемы, рассчитать экономическую эффективность использования альтернативных источников энергии;
- Компании: увеличить продажи оборудования за счет внедрения действительно эффективных систем с максимальным КПД.

Нельзя не отметить улучшение экологической обстановки в долгосрочной перспективе. Солнечная энергетика при массовом применении снизит нагрузку на электростанции, работающие на невозобновляемых источниках энергии.

Таким образом, разработка информационно-аналитического ПО по расчету экономической эффективности оборудования производства возобновляемой энергетики необходимо на данном этапе по множеству причин, которые были перечислены выше.

3 Разработка информационно-аналитического программного обеспечения по расчету экономической эффективности использования АИЭ

3.1 Разработка алгоритмического и математического обеспечения

Прежде чем внедрять электростанцию с использованием солнечной энергии для энергообеспечения домохозяйства, необходимо рассчитать экономическую эффективность внедрения.

Экономическая эффективность включает в себя следующие расчеты: энергопотребление домохозяйства; состав оборудования электростанции; стоимость необходимого оборудования; стоимость кВт·ч; срок окупаемости внедрения. В основу данных расчетов был взят источник [92].

На рисунке 39 представлена модель процесса «Расчёт экономической эффективности оборудования» в нотации IDEF3.

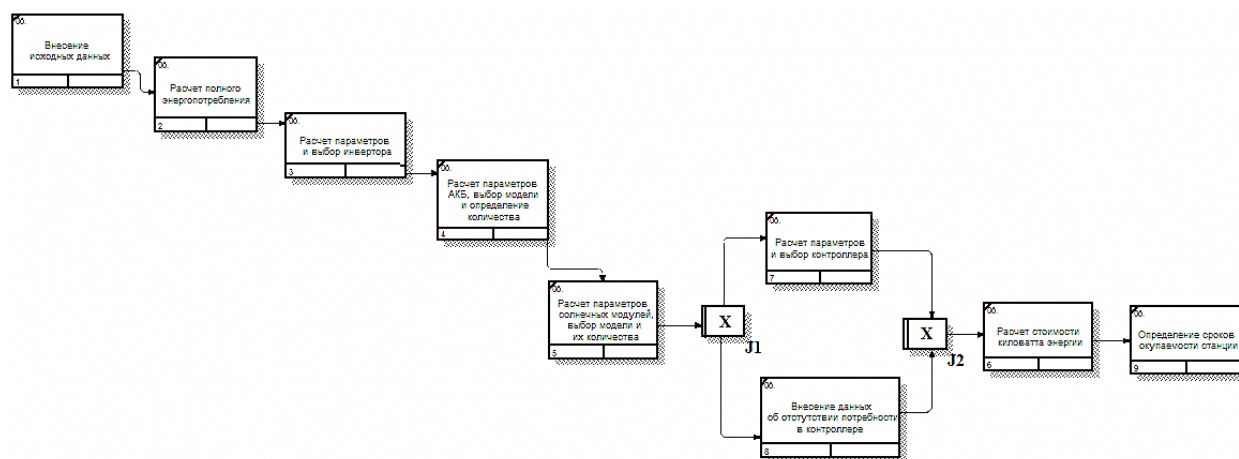


Рисунок 39 – Модель процесса «Расчёт экономической эффективности оборудования»

Далее алгоритм процесса «Расчёт экономической эффективности оборудования» будет рассмотрен поэтапно на конкретном примере.

1. Внесение исходных данных. К исходным данным относятся данные, необходимые для расчета энергопотребления домохозяйства (таблица 14).

Энергопотребление можно узнать двумя способами: по показателям счетчика электроэнергии или с помощью расчёта суммарного энергопотребления

используемой техники. Для второго варианта необходимо знать следующие показатели: мощность единицы бытовой (цифровой) техники, количество такой техники, количество часов работы техники в сутки.

2. Расчёт полного энергопотребления производится по формуле:

$$\sum Вт \cdot ч/сутки = \text{Мощность} \times \text{Кол} - \text{во} \times \text{Час} \quad (1)$$

В таблице 14 приведён пример расчёта суммарного энергопотребления.

Таблица 14 – Пример расчёта суммарного энергопотребления

Наименование электрического прибора	Номинальная мощность, Вт	Время работы в сутки (час)	Количество	Итого в день
Электрический нагреватель воды	2000	2	1	4000
Стиральная машина	2000	2	1	4000
Электрическая плита	1000	1	1	1000
Холодильник (с учётом автоотключений)	300	4	1	1200
Микроволновая печь	1000	0,2	1	200
Компьютер	100	4	1	400
Лампа освещения светодиодная	10	4	10	400
Телевизор	150	2	1	300
Насос в скважине/колодце	300	0,5	1	150
Чайник	2000	0,2	1	400
Зарядное устройство мобильного телефона/планшета	10	2	3	60
Аудио/видео система	150	4	1	600
Пылесос	1000	0,1	1	100
Кухонные электроприборы (Кухонный комбайн, миксер, электрическая мясорубка, блендер, тостер)	1000	0,1	2	200
Электроинструмент (средняя номинальная мощность)	500	0,1	1	50
Итого				13060

Таким образом, в приведённом примере суммарное энергопотребление составило 13060 Вт.

Далее идут процессы определения состава необходимого оборудования. Схема автономной солнечной электростанции была представлена в пункте 2.3 (рисунок 37). В автономную СЭС входят: инвертор, аккумуляторные батареи, солнечные модули и контроллер.

3. Расчет параметров и выбор инвертора. Выбор производится по двум основным расчетным критериям:

а) По номинальной мощности (сумма одновременно включенных нагрузок). Выбираются те, которые могут одновременно работать более получаса.

Из примера в таблице 14 такими нагрузками могут быть: холодильник, микроволновая печь, компьютер, телевизор, стиральная машина, насос в скважине, зарядные устройства, люминесцентные лампы, кухонные электроприборы. Сложив мощности перечисленной техники, получаем 4980 Вт. Здесь необходимо учесть коэффициент одновременного включения оборудования. Его смысл заключается в следующем: в реальной практике потребители нагрузки, установленные в цепи одной электроустановки, никогда не работают одновременно, то есть, всегда присутствует некоторая степень неодновременности. В общем случае этот коэффициент равен 0,7. Тогда суммарная мощность приборов и минимальная мощность инвертора равна 3486 Вт.

б) По перегрузочной мощности. Инвертор должен обеспечить перегрузочную мощность в течение не менее 6 секунд. Перегрузку дают устройства с высокой пусковой мощностью (таблица 15).

Таблица 15 – Устройства с высокой пусковой мощностью

Тип потребителя	Требуемый коэффициент запаса мощности
Циркулярная пила	1,32
Пылесос	1,21
Подвальный вакуумный насос	1,25
Холодильник	3,33
Стиральная машина	3,5
Погружной водяной насос	3,5
Микроволновая печь	2

В действительности одновременно запускаться все вышеперечисленные приборы не будут. К приборам, которые будут запускаться одновременно, относятся: холодильник, насос и микроволновая печь. Суммарная пусковая мощность этих устройств равна 7200 Вт.

Исходя из вычислений, инвертор должен обеспечивать номинальную мощность не менее 3486 Вт и пиковую мощность на протяжении 6 секунд равную не менее 7200 Вт. В таблице 16 представлена часть ассортимента инверторов, представленных в компании.

Таблица 16 – Инверторы

Название	Номинальная мощность, Вт	Пиковая мощность, Вт	Номинальное напряжение системы, В	КПД, %	Цена
----------	--------------------------	----------------------	-----------------------------------	--------	------

MultiPlusCompact 5000 24/48	5000	10000	48	0,94	212750
UMX-NG 5KVA 48V MPPT	4000	8000	48	0,93	61640
SSP 4kVa 60A MPPT	3200	6400	48	0,84	40160
UMX-NG 4KVA 48V MPPT	3200	6400	48	0,93	57270
MultiPlusCompact 3000 12/24	3000	6000	12	0,94	158700
SSP 3kVa 60A MPPT	2400	4800	24	0,8	30480
UMX-NG 3KVA 24V MPPT	2400	4800	24	0,93	33240
UMX-NG 3KVA PLUS 24V MPPT	2400	4800	24	0,93	44620

Рассчитанным параметрам номинальной и пиковой мощности удовлетворяет инвертор UMX-NG 5KVA 48V MPPT. Его номинальная мощность равна 4 кВт, а пиковая выходная мощность – 8 кВт.

Далее необходимо вычислить потери мощности при работе инвертора. Коэффициент полезного действия выбранного инвертора равен 93%, поэтому общее потребление нагрузки умножается на 1,07:

$$13060 \text{ Вт} \times 1,07 = 13974,2 \text{ Вт} \quad (2)$$

Входное напряжение инвертора UMX-NG 5KVA 48V MPPT равно 48 В. Теперь вычислим полную токовую нагрузку через аккумуляторную батарею (АКБ) в Ампер-часах (А·ч), разделив общее потребление нагрузки на входное напряжение инвертора:

$$13974,2 \text{ Вт} \div 48 \text{ В} = 291,13 \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (3)$$

291,13 А·ч в сутки составляет энергопотребление домохозяйства в данном примере.

4. Расчет параметров АКБ, выбор модели и определение количества. АКБ сохраняет вырабатываемое электричество для обеспечения стабильности выходного напряжения. Другими словами, в то время, когда отсутствует поступление солнечной энергии, домохозяйство расходует электроэнергию, поступающую с АКБ.

Количество электричества, которое нужно запасти в АКБ, равно потреблению домохозяйства в течение суток. Здесь необходимо сделать примечание: если велика вероятность сохранения пасмурной погоды в течение нескольких дней, то необходимо прибегнуть к одному из двух следующих вариантов: увеличить количество аккумуляторов до ёмкости, обеспечивающей потребление домохозяйства в течение нескольких пасмурных дней; обеспечить домохозяйство запасным источником электроэнергии – дизельными или газовыми генераторами, ветровой установкой.

Производить полный разряд АКБ не рекомендуется. В автономных солнечных электростанциях чаще всего применяются АКБ на технологии GEL или AGM. Рекомендуемая глубина разряда таких АКБ равна 80%. Следовательно, необходимая ёмкость АКБ составляет:

$$291,13 \text{ А} \cdot \text{ч} \div 0.8 = 363,9 \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (4)$$

В систему АКБ устанавливаются цепочками. Количество батарей в цепочке определяется следующим образом: номинальное напряжение системы делим на напряжение одной АКБ. АКБ на технологии GEL и AGM, представленные в ассортименте компании, имеют номинальное напряжение 12В:

$$48 \text{ В} \div 12 \text{ В} = 4 \text{ шт} \quad (5)$$

Количество АКБ в цепочке должно быть равно 4 шт. Далее следует вычислить необходимую ёмкость аккумуляторных батарей:

$$363,9 \text{ А} \cdot \text{ч} \div 4 \approx 91 \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (6)$$

Следовательно, одна аккумуляторная батарея должна обеспечивать ёмкость не менее 91А·ч. В таблице 17 представлены АКБ и их характеристики.

Таблица 17 – Аккумуляторные батареи

Наименование	Номинальное напряжение, В	Ёмкость АКБ, А·ч	Технология	Цена, руб
Delta GX 12-200	12	200	GEL	31740
Sunways SWB 12-200G	12	200	GEL	30130

MHB-200	12	200	AGM	29325
Delta HRL 12-140	12	140	AGM	23350
Sunways SWB 12-100G	12	100	GEL	15410
One-Sun OSB 12-100	12	100	AGM	12320
One-Sun OSB 12-72	12	72	AGM	10120

Наиболее подходящим вариантом являются аккумуляторы One-Sun OSB 12-100 с номинальной ёмкостью 100 А·ч.

Чтобы вычислить количество цепочек аккумуляторных батарей, соединённых параллельно, нужно разделить необходимую ёмкость всех АКБ на произведение ёмкости одной АКБ и количества аккумуляторов в цепочке. Получившееся число округляем в большую сторону:

$$363,9 \text{ А} \cdot \text{ч} \div (91 \text{ А} \cdot \text{ч} \times 4) = 1 \quad (7)$$

Для определения общего количества аккумуляторов, умножаем число цепочек АКБ на количество АКБ в этих цепочках. Таким образом, для обеспечения энергопотребления данного в примере домохозяйства необходимо 4 одиночных аккумуляторных батарей One-Sun OSB 12-100.

5. Расчет параметров солнечных модулей, выбор модели и их количества. Вырабатываемая модулем солнечная энергия напрямую зависит от среднемесячного количества пиковых солнце-часов. Такой показатель можно определить, воспользовавшись данными [93**Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**]. Предположим, что домохозяйство, для которого ведутся расчеты, находится в пределах г. Красноярск. В таблице 18 среднесуточное количество солнечных часов по месяцам в г. Красноярске.

Таблица 18 – Среднесуточное количество солнечных часов по месяцам в г. Красноярске

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
Кол-во солнечных ч	2,4	2,4	3,1	5,5	8,9	13,3	12,5	9,9	7,1	3,8	2	1,9

Учитывая, что проживание и использование электроэнергии в домохозяйстве рассматривается с мая по сентябрь включительно, рассчитаем среднеемесячное количество пиковых солнце-часов:

$$\frac{8,9 + 13,3 + 12,5 + 9,9 + 7,1}{5} = 10,3 \text{ (ч)} \quad (8)$$

Требуемая мощность солнечных модулей с учётом среднеемесячного количества пиковых солнце-часов равна:

$$13,97 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \div 10,3 \text{ ч} = 1,35 \text{ кВт} \quad (9)$$

Под солнечную электростанцию рассчитывается несколько вариантов комплектации солнечных модулей. Вычисляются следующие значения:

- 1) Расчетное количество модулей (требуемая мощность солнечных модулей делится на номинальную мощность модуля);
- 2) Количество модулей в цепочке, соединённых последовательно (номинальное напряжение модуля делится на номинальное напряжение всей системы, округляется в большую сторону);
- 3) Количество цепочек (расчетное количество модулей (п.1) делится на количество модулей в цепочке (п.2), округляется в большую сторону);
- 4) Необходимое (точное) количество модулей (умножается количество модулей в цепочке (п.2) на количество цепочек (п.3)).

Далее определяется стоимость комплектации модулей каждого наименования, а также занимаемая площадь (таблица 19).

Таблица 19 – Выбор солнечных модулей

Наименование	Ном. мощность	Ном. напряжение	Цена за единицу	Площадь	Кол-во в цепочке	Кол-во цепочек	Кол-во расчетное	Кол-во необходимое	Стоимость	Площадь
One-Sun 150P	150	12	6620	1	4	3	10	12	79440	12,00
One-Sun 100P	100	12	5110	0,683	4	4	14	16	81760	10,93
One-Sun 250P	250	24	12420	1,627	2	3	6	6	74520	9,76

One-Sun 200M	200	24	11730	1,277	2	4	7	8	93840	10,22
Sunways ФСМ-280M	280	24	17140	1,627	2	3	5	6	102840	9,76
Sunways ФСМ-160П	160	12	9660	1	4	3	9	12	115920	12,00
Sunways ФСМ-260P	260	24	14490	1,627	2	3	6	6	86940	9,76
Sunways ФСМ-300P	300	24	18290	1,94	2	3	5	6	109740	11,64
Sunways ФСМ-170M	170	12	10930	1	4	2	8	8	87440	8,00
Sunways ФСМ-320P	320	24	19780	1,94	2	3	5	6	118680	11,64
One-Sun 50P	50	12	3800	0,326	4	7	28	28	106400	9,13
One-Sun 30P	30	12	2280	0,234	4	12	46	48	109440	11,23
Sunways ФСМ-330M	330	24	21740	1,94	2	3	5	6	130440	11,64

Выбирается та комплектация солнечных модулей, которая обладает самым оптимальным соотношением занимаемая площадь/стоимость. В данном примере таким соотношением обладает комплект из 8 модулей Sunways ФСМ-170M.

6. Расчет параметров и выбор контроллера или внесение данных об отсутствии потребности в контроллере. В данном примере в выбранном инверторе уже реализована функция контроллера. В других случаях, когда инвертор не поддерживают функцию контроллера, проводятся следующие расчеты:

1) Максимальное напряжение холостого хода одной солнечной панели умножается на количество последовательно соединенных модулей в цепочке. Минимум такое напряжение должен выдержать контроллер;

2) Считается общая мощность всех модулей (номинальная мощность умножается на количество модулей). Суммарная мощность делится на напряжение системы, таким образом вычисляется ток, который должен обеспечить солнечный инвертор.

По двум вышеперечисленным параметрам выбирается контроллер заряда. В таблице 20 представлена часть ассортимента контроллеров.

Таблица 20 – Контроллеры

Наименование	Напряжение, В	Максимальный ток заряда, А	Максимальное напряжение открытого контура, В	Цена
VS2024A	24	20	50	2650
TRACER 2606EPLI	24	10	60	3220
TRACER 5206EPLI	24	20	60	4950
TRACER 3906EPLI	24	15	60	3910
TRACER 5206EPLI	24	20	60	4950
TRACER MPPT 2210A 12/24B 20A	24	20	100	9545
TRACER MPPT 1215BN 12/24B 10A	24	10	150	5980
TRACER MPPT 3215BN 12/24B 30A	24	30	150	13340
TRACER MPPT 4215BN 12/24B 40A	24	40	150	15755
iTRACER MPPT 3415ND 12/24/36/48B 30A	48	30	150	26110
iTRACER MPPT 4415BND 12/24/36/48B 45A	48	45	150	26565
eTRACER MPPT 6415ND 12/24/36/48B 60A	48	60	150	30820
eTRACER MPPT 6420ND 12/24/36/48B 60A	48	60	150	32775

В таблице 21 представлено выбранное оборудование для автономной солнечной электростанции, подобранное по индивидуальному энергопотреблению сезонного домохозяйства в г. Красноярске. Стоимость оборудования СЭС составила 198360 рублей.

Таблица 21 – Оборудование автономной солнечной электростанции

Комплектующие	Наименование	Количество	Цена	Стоимость
Инвертор	UMX-NG 5KVA 48V MPPT	1	61640	61640
АКБ	One-Sun OSB 12-100	4	12320	49280
Солнечные модули	Sunways ФСМ-170M	8	10930	87440
Итого				198360

7. Расчет стоимости киловатта электроэнергии. На данном этапе изначально производится расчёт себестоимости электроэнергии, производимой солнечной электростанцией.

Заявленный срок службы панелей – 25 лет. При чем в первый год панель теряет 3% своей производительности, а далее – по 0,7% каждый год. Срок службы аккумуляторных батарей – 12 лет, поэтому расчет стоимости кВт·ч будет производиться на 24 года, с учетом двух комплектов аккумуляторов.

Используется солнечная электростанция каждый год 5 месяцев с 1 мая по 30 сентября. В первый год солнечный модуль в сутки теряет 3% мощности, таким образом после 12 месяцев эксплуатации вырабатываемая мощность равна $1360 \text{ Вт} \cdot 0,97 = 1319 \text{ Вт}$. Суммарная выработанная мощность в месяц равна произведению количества солнечных часов в сутки, количества дней в месяце и вырабатываемой мощности станции в сутки (таблица 22).

Таблица 22 – Суммарная выработанная мощность солнечной электростанции

Месяц	Май	Июн	Июл	Авг	Сен
Кол-во солнечных часов в сутки	8,9	13,3	12,5	9,9	7,1
Кол-во дней	31	30	31	31	30
Суммарная выработанная мощность в месяц (первые 12 мес. эксплуатации), кВт·ч	375,2	542,6	527,0	417,4	289,7
Суммарная выработанная мощность в месяц (после 12 месяцев), кВт·ч	364,0	526,4	511,2	404,9	281,0

В первый год эксплуатации (12 месяцев) входят месяцы с мая по сентябрь первого года после приобретения, с мая по сентябрь второго года после приобретения и май и июнь третьего года. Модуль в этот период работает на 100% своей мощности, таким образом, в первые 12 месяцев эксплуатации будет выработано 5221,7 кВт·ч электроэнергии.

Во второй год эксплуатации входят месяцы с июля по сентябрь третьего года после приобретения, с мая по сентябрь четвертого года, и с мая по июль пятого года эксплуатации включительно. Модуль в этот период работает на 97% своей мощности, таким образом, во вторые 12 месяцев эксплуатации будет выработано 5090,8 кВт·ч электроэнергии.

В третий год эксплуатации входят месяцы август и сентябрь шестого года после приобретения, с мая по сентябрь седьмого года, и с мая по август восьмого года эксплуатации включительно. Модуль в этот период работает на 96,3% своей мощности, таким образом, в третьи 12 месяцев эксплуатации будет выработано 4784,9 кВт·ч электроэнергии.

Согласно такому алгоритму, за 24 года эксплуатации солнечная электростанция выработает 11456,5 кВт·ч. К стоимости всей СЭС (198360 руб.) прибавляем стоимость второго комплекта аккумуляторов (49280 руб.), вычислим стоимость киловатта:

$$247640 \text{ руб} \div 11456,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,55 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч} \quad (10)$$

8. Определение сроков окупаемости станции. Определить срок окупаемости возможно, сравнив затраты на покупку и установку солнечной электростанции и затраты на пользование кВт/ч от сети или от других источников энергии.

1) Подключение от сети. В некоторых населённых пунктах, преимущественно в загородных поселках, высока стоимость подключения сетевого электроснабжения. Расчет срока окупаемости ведётся следующим образом. Сначала рассчитывается сумма, в которую обойдётся сетевое электричество. Она складывается из:

- Затрат на подключение электроэнергии;
- Произведения стоимости киловатта сетевой электроэнергии на количество киловатт, произведённых СЭС.

Так как стоимость киловатта энергии постоянно растёт, необходимо учесть данную динамику роста. Стоимость солнечной электростанции делится на сумму вышеперечисленных затрат. Такой расчет производится без учёта инфляции цены киловатта электроэнергии, поэтому расчет приблизительный.

2) Подключение от генератора. В таблице 23 представлена стоимость и расход дизельных [9494] и газовых [95] генераторов.

Таблица 23 – Дизельные и газовые генераторы до 9 кВт

Мощность	Дизельный генератор			Газовый генератор		
	Наименование	Расход, л/час	Стоимость, руб	Наименование	Расход, кг/кВт*ч	Стоимость, руб
2	KDE2200X	0,5	44600	REG SH3000	0,6	62400
3	SKAT УГД-3000E	1	50150	REG SH4500	0,9	83450
4	SKAT УГД-4500E	1,4	63220	REG SH5500	1,2	99600

5	Kipor KDE6500E	1,12	75900	E3 POWER GG7200-X	1,5	70600
6	SKAT УГД-6000ЕК	2,3	87770	REG SH7500	1,8	119700
7	KIPOR KDE12EA3	1,5	157000	REG GG8-230SV	2,1	190000
8	Kipor KDE12EA3	1,5	304000	E3 POWER GG10000-X3	2,4	163800
9	SDMO Diesel 10000E XL C	2,1	326199	REG GG10-230	2,7	189000

По энергопотреблению домохозяйства исчисляется необходимый генератор. Стоимость электричества, получаемой от генератора, рассчитывается как сумма:

- Затрат на генератор;
- Произведения потребления топлива на стоимость топлива.

Стоимость солнечной электростанции делится на сумму вышеперечисленных затрат. При таком исчислении не учитываются затраты на доставку топлива, а также не учтен рост цен.

В ситуациях, когда энергообеспечение формируется из солнечной энергетики в совокупности с другими источниками, сроки окупаемости рассчитываются в зависимости от сэкономленного топлива, либо по стоимости кВт·ч.

Воспроизвести описанный выше алгоритм процесса «Расчёт экономической эффективности оборудования» вручную (без автоматизации) довольно затруднителен. Необходимо производить расчеты для каждого вида и модели конкретного оборудования, как, например, это реализуется с солнечными модулями (таблица 19). Очевидно, что необходима программная реализация данного алгоритма.

3.2 Программная реализация алгоритмического обеспечения сервиса. Интеграция разработанного обеспечения

Электронный сервис по расчету экономической эффективности оборудования по производству возобновляемой энергетики должен реализовывать следующие функции:

- Хранение данных в удобном виде;
- Возможность внесения данных пользователем;

- Подбор параметров оборудования в соответствии с внесёнными данными;
- Комплектация оборудования, удовлетворяющего необходимым параметрам;
- Расчёт стоимости электростанции;
- Расчёт срока окупаемости станции.

Наиболее удобным средством представления информации являются таблицы. Табличные расчеты характеризуются применением формул к большим объёмам информации. Электронные таблицы (ЭТ) предназначены для обработки массивов в электронном виде, а также для их удобного хранения. Применение табличных процессоров упрощает работу с данными и позволяет получать результаты без проведения расчетов вручную. Они служат для:

- проведения однотипных расчетов над большими наборами данных;
- автоматизации итоговых вычислений;
- решения задач путем подбора значений параметров;
- проведения поиска оптимальных значений параметров;
- подготовки табличных документов.

Программный продукт MicrosoftExcel представляет собой табличный процессор, который обеспечивает работу с большими таблицами чисел. Он позволяет не только создавать таблицы, но и автоматизировать обработку табличных данных. MicrosoftExcel является одной из простейших и наиболее дешевых автоматизированных систем для создания баз данных. В эту программу можно импортировать информацию из большинства учетных систем, а также текстовые файлы, что облегчает ввод данных. MicrosoftExcel предлагает множество инструментов анализа данных, а также встроенный язык программирования VisualBasicforApplication (VBA).

Проанализировав все преимущества программного продукта MicrosoftExcel, было принято решение о реализации алгоритмического обеспечения сервиса в этой программе.

Согласно алгоритму (рисунок 38) на начальном этапе производится внесение исходных данных, к которым относятся:

- Используемые электрические приборы, их номинальная мощность, количество и продолжительность использования;
- Близлежащий населённый пункт;
- Сроки использования солнечной электростанции (круглогодичное/летнее использование);
- Стоимость энергообеспечения домохозяйства от сети;
- Стоимость киловатта электроэнергии от сети.

Внесение исходных данных было реализовано с помощью формы на языке программирования VisualBasicforApplication, встроенного в продукт MicrosoftExcel. На форме предложены бытовые электрические приборы, которые обычно используются в домохозяйствах, их наиболее часто встречающаяся номинальная мощность, примерное количество и продолжительность использования в сутки. Также на форме есть свободные поля, где возможно указать бытовые приборы, не предложенные на форме, указать их номинальную мощность, количество и продолжительность использования. Все текстовые поля доступны для редактирования пользователем (рисунок 40).

Основные исходные данные			
Электрические приборы	Номинальная мощность	Количество часов работы в сутки	Количество приборов
Электр. водонагреватель	2000	2	1
Стиральная машина	2000	2	1
Электр. плита	1000	1	1
Холодильник (с автооткл.)	300	4	1
Микроволновая печь	1000	0,2	1
Компьютер	100	4	1
Лампы освещения	10	4	10
Телевизор	150	2	1
Насос	300	0,5	1
Чайник	2000	0,2	1
Зарядное устройство тел.	10	2	3
Аудио-видео система	150	4	1
Пылесос	1000	0,1	1
Кухонные электр. приборы	1000	0,1	2
Электроинструмент	500	0,1	1
Прибор 1	0	0	0
Прибор 2	0	0	0
Прибор 3	0	0	0
Прибор 4	0	0	0

Рисунок 40 – Рамка «Основные исходные данные»

Все введенные пользователем данные поступают в таблицу Excel в лист «Анкета» в соответствующие ячейки (рисунок 41). В последнем столбце производится вычисление потребления в сутки каждым прибором по формуле (1), внизу таблицы потребление приборов суммируется, таким образом получается суммарное энергопотребление домохозяйства в сутки.

	А	В	С	Д	Е
1	Наименование электрического прибора	Номинальная мощность, Вт	Время работы в сутки (час)	Количество	Итого в де
2	Электрический нагреватель воды	2000	2	1	4000
3	Стиральная машина	2000	2	1	4000
4	Электрическая плита	1000	1	1	1000
5	Холодильник (с учётом автоотключений)	300	4	1	1200
6	Микроволновая печь	1000	0,2	1	200
7	Компьютер	100	4	1	400
8	Лампа освещения светодиодная	10	4	10	400
9	Телевизор	150	2	1	300
10	Насос в скважине/колодце	300	0,5	1	150
11	Чайник	2000	0,2	1	400
12	Зарядное устройство мобильного телефона/планшета	10	2	3	60
13	Аудио/видео система	150	4	1	600
14	Пылесос	1000	0,1	1	100
15	Кухонные электроприборы (Кухонный комбайн, миксер, электрическая мясорубка, блендер, тостер)	1000	0,1	2	200
16	Электроинструмент (средняя номинальная мощность)	500	0,1	1	50
17	Прибор 1	0	0	0	0
18	Прибор 2	0	0	0	0
19	Прибор 3	0	0	0	0
20	Прибор 4	0	0	0	0
21	Итого				13060

Рисунок 41 – Таблица «Расчет энергопотребления»

Введение остальных исходных данных реализовано на той же форме, в рамке «Дополнительные исходные данные» (рисунок 42). Близлежащий населённый пункт выбирается из выпадающего списка. Также выбирается предполагаемое использование солнечной станции: круглогодичное или летнее. Здесь же заполняется стоимость проведения сетевого электричества и стоимость киловатта такого электричества (для расчета срока окупаемости). Введённые данные вносятся в соответствующие ячейки в таблице Excel.

Рисунок 42 – Рамка «Дополнительные исходные данные»

Так как это все необходимые данные для расчета, в рамке «Дополнительные исходные данные» располагается кнопка «Рассчитать». После нажатия кнопки происходит расчет в таблицах Excel.

Основные расчеты производятся на листе «Характеристики». Для каждого комплектующего солнечной электростанции здесь рассчитываются или хранятся параметры. Так, в таблице «Инверторы» в ячейке «Номинальная мощность» рассчитывается минимальная номинальная мощность инвертора, путём сложения одновременно работающих электроприборов; в ячейке «Пиковая мощность» рассчитывается пусковая мощность инвертора, путём сложения одновременно запущенных электроприборов с высокой пусковой мощностью (рисунок 43). Остальные характеристики поступают в эту таблицу после подбора инвертора.

	A	B
7	Характеристики оборудования	
8	Инвертор	
9	Номинальная мощность, Вт	3500
10	Пиковая мощность, Вт	7000
11	КПД инвертора	0,93
12	Входное напряжение инвертора, В	48

Рисунок 43 – Фрагмент таблицы «Характеристики оборудования»

Определив номинальную и пиковую мощности инвертора, в базе данных инверторов (лист «Инверторы» в книге Excel) рассчитывается коэффициент каждого инвертора путём умножения стоимости инвертора на его номинальную мощность. С помощью этого коэффициента возможно определить эффективность инвертора при конкретном потреблении. В столбце «Выбор инвертора» происходит сравнение характеристик инвертора с необходимыми характеристиками (рисунок 42), и выдаётся решение о возможности его использования в данном домохозяйстве: 1 – возможно, 0 – невозможно. В столбце «Коэффициент 2» происходит умножение двух предыдущих столбцов, что позволяет сделать выбор в пользу подходящего инвертора с наименьшим коэффициентом (рисунок 44). Наименование выбранного инвертора и его стоимость помещаются в лист «Комплектация станции».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Название	Ном. мощность, Вт	Пик. мощность, Вт	Ном. Напр. системы, В	КПД, %	MPPT	Цена	Коэффициент	Выбор инвертора	Коэффициент
1										
2	До 850 Вт, 12В									
3	Powersine PS1000-12/PS1400-24/PS1600-12	850	1800	24	0,92	0	38640	32,84	0	0
4	Phoenix Inverter 800W 12/24	800	1600	24	0,93	0	30480	24,38	0	0
5	UMX-NG 1kVA 24V MPPT	800	1600	24	0,9	1	26340	21,07	0	0
6	SSP 1kVa 40A MPPT	800	1600	24	0,8	1	24400	19,52	0	0
7	До 3 кВт									
8	UMX-NG 3kVA PLUS 24V MPPT	2400	4800	24	0,93	1	44620	107,09	0	0
9	UMX-NG 3kVA 24V MPPT	2400	4800	24	0,93	1	33240	79,78	0	0
10	Phoenix Inverter 1600W 12/24	1600	3000	24	0,95	0	49340	78,94	0	0
11	Powersine-COMBI 1800 24-35	1400	3000	24	0,94	0	54100	75,74	0	0
12	SSP 2kVa 40A MPPT	1600	3200	24	0,8	1	27030	43,25	0	0
13	Phoenix Inverter 1200W 12/24	1200	2400	24	0,95	0	32315	38,78	0	0
14	Свыше 3 кВт									
15	MultiPlus Compact 5000 24/48	5000	10000	48	0,94	1	212750	1063,75	1	1063,75
16	UMX-NG 5kVA 48V MPPT	4000	8000	48	0,93	1	61640	246,56	1	246,56
17	UMX-NG 4kVA 48V MPPT	3200	6400	48	0,93	1	57270	183,26	0	0
18	SSP 4kVa 60A MPPT	3200	6400	48	0,84	1	40160	128,51	0	0

Рисунок 44 – Фрагмент таблицы «Инверторы»

После подбора инвертора, его КПД и входное напряжение учитывается в потреблении домохозяйства и вносится в таблицу «Характеристики».

Далее происходит расчёт аккумуляторных батарей. Подробный расчёт и подбор характеристик аккумуляторных батарей был описан в предыдущем пункте при разработке алгоритма (формулы 4 – 7). На рисунке 45 показан фрагмент таблицы «Характеристики оборудования».

	C	D
7	Характеристики оборудования	
8	АКБ	
9	Ёмкость АКБ	363,9
10	Минимальная ёмкость	91,0
11	Номинальная ёмкость	100
12	Напряжение	12
13	Число цепочек	1
14	Число АКБ в цепочках	4
15	Общее количество аккумуляторных	4

Рисунок 45 – Фрагмент таблицы «Характеристики оборудования»

Наименование выбранных АКБ, их стоимость и количество помещаются в лист «Комплектация станции».

Расчет характеристик и подбор солнечных модулей происходит в базе данных модулей (лист «Модули»). Подробный расчёт и подбор характеристик солнечных модулей был описан в предыдущем пункте при разработке алгоритма (8), (9). Изначально для расчета модулей требуется среднесуточное количество солнечных часов. Была реализована база данных среднесуточного количества солнечных часов по некоторым (84 наиболее крупным) населённым пунктам (рисунок 46). В зависимости от указанного ближайшего населённого пункта и сезона использования солнечной электростанции в рамке «Дополнительные исходные данные», расчет количества солнечных модулей опирается на среднесуточное количество солнечных часов в определенном населенном пункте и в определенные месяцы года.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Населённый пункт	Среднесуточное количество солнечных часов											
2		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
3	Красноярск	2,4	2,4	3,1	5,5	8,9	13,3	12,5	9,9	7,1	3,8	2,0	1,9
4	Абан	1,1	0,9	2,0	4,6	8,6	13,0	12,4	10,0	6,9	3,2	1,2	1,0
5	Агинское	2,8	2,7	3,8	5,6	8,9	12,8	11,8	9,8	7,3	4,4	2,3	2,5
6	Ачинск	1,7	1,6	2,3	4,8	8,2	13,2	12,3	9,6	6,7	3,0	1,3	1,3
7	Боготол	1,5	1,3	2,2	4,9	8,2	12,9	12,2	9,6	6,5	2,8	1,2	1,1
8	Богучаны	0,8	0,8	1,4	3,9	8,5	13,8	12,7	10,1	6,9	2,8	0,9	0,8
9	Большая Ирба	3,1	3,2	4,0	6,5	9,5	12,6	12,4	9,9	7,8	4,4	2,6	2,6
10	Большая Мурта	1,4	1,2	2,1	4,6	8,6	13,3	12,4	9,5	6,7	3,1	1,4	1,1
11	Большая Ничка	3,2	3,2	4,4	6,7	9,7	12,7	12,6	10,3	8,0	4,6	2,8	2,8
12	Большой Улуй	1,7	1,6	2,2	4,8	8,4	13,3	12,5	9,6	6,8	2,9	1,3	1,3
13	Вечерницы	1,8	1,5	2,3	4,9	8,3	13,1	12,4	9,6	6,7	3,0	1,2	1,5
14	Выезжий лог	2,7	2,8	3,4	5,6	8,7	12,6	11,9	9,5	6,9	3,8	2,1	2,1
15	Дзержинское	1,6	1,6	2,7	4,8	9,0	13,6	12,7	10,1	7,2	3,6	1,5	1,4
16	Дивногорск	1,8	1,5	2,3	4,9	8,3	13,0	12,4	9,7	6,7	3,0	1,3	1,5
17	Енисейск	1	0,9	1,5	3,5	8,2	13,5	12,6	9,4	5,9	2,6	1,1	0,6
18	Епишино	1	0,9	1,6	3,5	8,2	13,6	12,6	9,5	6,1	2,6	1,1	0,6
19	Ермаковское	3,4	3,8	4,5	6,4	9,5	12,5	12,6	10,1	8,0	4,5	2,7	2,9
20	Ермолаево	2,3	2,4	3,1	5,6	8,8	13,3	12,5	9,8	7,2	3,8	2,0	1,9

Рисунок 46 – Фрагмент таблицы «Среднесуточное количество солнечных часов»

Как и в подборе инвертора, в подборе солнечных модулей был использован коэффициент, отображающий стоимость модулей и занимаемую ими площадь (рисунок 47). Отталкиваясь от этого коэффициента, выбираются солнечные модули, их характеристики идут в таблицу «Характеристики оборудования», а наименование выбранного модуля, количество в штуках и его стоимость помещаются в лист «Комплектация станции».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Наименование	Ном. мощность	Ном. напряжение	Напр. при пиковой мощности	Напр. холостого хода	Стоимость	Площадь	Кол-во в одной цепочке	Кол-во цепочек	Кол-во расчетное	Кол-во необходимое	Стоимость модулей	Занимаемая площадь	Коэффициент
2	One-Sun 150P	150	12	18,4	22,5	6620	1	4	3	10	12	79440	12,00	953
3	One-Sun 100P	100	12	17,4	21,7	5110	0,683	4	4	14	16	81760	10,93	893
4	One-Sun 250P	250	24	30,9	37,7	12420	1,627	2	3	6	6	74520	9,76	727
5	One-Sun 200M	200	24	37,9	44,4	11730	1,277	2	4	7	8	93840	10,22	959
6	Sunways ФСМ-280M	280	24	31,4	38,7	17140	1,627	2	3	5	6	102840	9,76	1004
7	Sunways ФСМ-160П	160	12	18,8	22,9	9660	1	4	3	9	12	115920	12,00	1391
8	Sunways ФСМ-260P	260	24	31,3	38,2	14490	1,627	2	3	6	6	86940	9,76	849
9	Sunways ФСМ-300P	300	24	36,7	45	18290	1,94	2	3	5	6	109740	11,64	1277
10	Sunways ФСМ-170M	170	12	18,9	22,9	10930	1	4	2	8	8	87440	8,00	700
11	Sunways ФСМ-320P	320	24	37,1	45,4	19780	1,94	2	3	5	6	118680	11,64	1381
12	One-Sun 50P	50	12	18	21,3	3800	0,326	4	7	28	28	106400	9,13	971
13	One-Sun 30P	30	12	18	21,6	2280	0,234	4	12	46	48	109440	11,23	1229
14	Sunways ФСМ-330M	330	24	38	46,3	21740	1,94	2	3	5	6	130440	11,64	1518

Рисунок 47 – Фрагмент таблицы «Модули»

Контроллер заряда подбирается в том случае, если в выбранном ранее инверторе нет встроенного контроллера. В зависимости от результатов проверки наличия контроллера в инверторе, в таблице «Комплектации станции» указывается либо наименование подобранного контроллера, либо сообщение «Входит в инвертор». Подробный расчёт и подбор характеристик контроллера был описан в предыдущем пункте при разработке алгоритма. На рисунке 48 представлена база данных контроллеров.

	A	B	C	D	E	F
1	Наименование	Напряжение, В	Тип	Максимальный ток заряда, А	Максимальное напряжение, В	Цена
2	Schneider Electric C60, 60A, 12/24 VDC	24	PWM	60	125	14360
3	Schneider Electric C40, 40A, 12/24/48 VDC	48	PWM	40	125	16950
4	VS2024A	24	PWM	20	50	2650
5	TRACER 2606EPLI	24	MPPT	10	60	3220
6	TRACER 3906EPLI	24	MPPT	15	60	3910
7	TRACER 5206EPLI	24	MPPT	20	60	4950
8	TRACER MPPT 1215BN 12/24B 10A	24	MPPT	10	150	5980
9	TRACER MPPT 2210A 12/24B 20A	24	MPPT	20	100	9545
10	TRACER MPPT 3215BN 12/24B 30A	24	MPPT	30	150	13340
11	TRACER MPPT 4215BN 12/24B 40A	24	MPPT	40	150	15755
12	iTRACER MPPT 3415ND 12/24/36/48B 30A	48	MPPT	30	150	26110
13	iTRACER MPPT 4415BND 12/24/36/48B 45A	48	MPPT	45	150	26565
14	iTRACER MPPT 4415ND 12/24/36/48B 45A	48	MPPT	45	150	27830
15	eTRACER MPPT 6415ND 12/24/36/48B 60A	48	MPPT	60	150	30820
16	eTRACER MPPT 6420ND 12/24/36/48B 60A	48	MPPT	60	150	32775
17	iTRACER MPPT 6415ND 12/24/36/48B 60A	48	MPPT	60	150	32775

Рисунок 48 – Фрагмент таблицы «Контроллеры».

Исходя из вышеописанного подбора оборудования, сформировалась таблица «Комплектация станции», в которой также рассчитана её полная стоимость (рисунок 49).

	A	B	C	D	E
1	Комплектация станции				
2	Комплектующие	Наименование	Количество	Цена	Стоимость
3	Инвертор	UMX-NG 5KVA 48V MPPT	1	61640	61640
4	АКБ	One-Sun OSB 12-100	4	12320	49280
5	Солнечные модули	Sunways ФСМ-170М	8	10930	87440
6	Контроллер	Входит в инвертор	0	0	0
7	Итого:				198360

Рисунок 49 – Таблица «Комплектация станции»

Данные этой таблицы отображаются на форме пользователя в рамке «Комплектация станции» (рисунок 50).

Комплектация станции				
	Наименование	Количество	Цена, р.	Стоимость, р.
Инвертор	UMX-NG 5KVA 48V MPPT	1	61640	61640
Аккумуляторы	One-Sun OSB 12-100	4	12320	49280
Солнечные модули	Sunways ФСМ-170М	8	10930	87440
Контроллер	Входит в инвертор	0	0	0
Итого			198360	

Рисунок 50 – Рамка «Комплектация станции»

Следующий этап – расчет сроков окупаемости. На данном этапе рассчитываются:

1) Стоимость киловатта солнечной энергии. Алгоритм определения стоимости киловатта был подробно описан в предыдущем пункте и рассчитан по формуле (10). В зависимости от выбранного населенного пункта и сезонности использования, в таблице «Суммарная выработанная мощность» вычисляется мощность, выработанная солнечной станцией за каждый месяц функционирования (рисунок 51).

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	Год	Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Сумма за год
3		Кол-во дней	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
4		Коеф. Сол.ч	2,4	2,4	3,1	5,5	8,9	13,3	12,5	9,9	7,1	3,8	2,0	1,9	
5	1	1	101,2	91,4	130,7	224,4	375,2	542,6	527,0	417,4	289,7	160,2	101,2	91,4	3052,4
6	2	0,97	98,1	88,7	126,8	217,7	364,0	526,4	511,2	404,9	281,0	155,4	126,8	217,7	3118,5
7	3	0,963	97,4	88,0	125,9	216,1	361,3	522,6	507,5	401,9	279,0	154,3	126,8	217,7	3637,9
8	4	0,956	96,7	87,4	124,9	214,5	358,7	518,8	503,8	399,0	276,9	153,2	126,8	217,7	3636,8
9	5	0,949	96,0	86,7	124,0	213,0	356,1	515,0	500,1	396,1	274,9	152,0	126,8	217,7	3140,9
10	6	0,942	95,3	86,1	123,1	211,4	353,5	511,2	496,4	393,2	272,9	150,9	126,8	217,7	2875,3
11	7	0,935	94,6	85,5	122,2	209,8	350,8	507,4	492,7	390,3	270,9	149,8	122,2	209,8	3005,9
12	8	0,928	93,9	84,8	121,3	208,2	348,2	503,6	489,1	387,3	268,8	148,7	122,2	209,8	3505,7
13	9	0,921	93,2	84,2	120,4	206,7	345,6	499,8	485,4	384,4	266,8	147,6	122,2	209,8	3503,7
14	10	0,914	92,5	83,5	119,5	205,1	343,0	496,0	481,7	381,5	264,8	146,4	122,2	209,8	3025,1
15	11	0,907	91,8	82,9	118,5	203,5	340,3	492,2	478,0	378,6	262,7	145,3	122,2	209,8	2768,5
16	12	0,9	91,1	82,3	117,6	202,0	337,7	488,4	474,3	375,6	260,7	144,2	117,6	202,0	2893,4

Рисунок 51 – Фрагмент таблицы «Суммарная выработанная мощность»

Мощности, выработанные на протяжении всего срока эксплуатации, суммируются в количество выработанных кВт. По формуле (10) по рассчитанным данным определяем стоимость киловатта.

2) Срок окупаемости на основании сетевой электроэнергии. Здесь применяются введенные пользователем стоимость подключения к сети и стоимость киловатта сетевой энергии. По описанному в предыдущем пункте алгоритму суммарная выработанная мощность умножается на стоимость киловатта энергии и суммируется со стоимостью подключения к сети.

3) Срок окупаемости на основании дизельной и газовой электроэнергии. Расчет сроков окупаемости производится, отталкиваясь от стоимости генераторов в базе данных, а также от стоимости и расхода топлива таких генераторов (рисунок 52).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Мощность, Вт	Дизельный генератор			Газовый генератор		
2		Наименование	Расход, л/час	Стоимость, руб	Наименование	Расход, кг/ч	Стоимость, руб
3	2000	KDE2200X	0,5	44600	REG SH3000	0,6	62400
4	3000	SKAT УГД-3000E	1	50150	REG SH4500	0,9	83450
5	4000	SKAT УГД-4500E	1,4	63220	REG SH5500	1,2	99600
6	5000	Kipor KDE6500E	1,12	75900	E3 POWER GG7200-X	1,5	70600
7	6000	SKAT УГД-6000EK	2,3	87770	REG SH7500	1,8	119700
8	7000	KIPOR KDE12EA3	1,5	157000	REG GG8-230SV	2,1	190000
9	8000	Kipor KDE12EA3	1,5	304000	E3 POWER GG10000-X3	2,4	163800
10	9000	SDMO Diesel 10000E XL C	2,1	326199	REG GG10-230	2,7	189000

Рисунок 52 – Фрагмент таблицы «Стоимость генераторов»

Этап расчета сроков окупаемости завершается отображением результатов вычислений на форме пользователя в рамке «Срок окупаемости» (рисунок 53).

Срок окупаемости

Стоимость киловатта, руб.

Срок окупаемости на основании сетевой электроэнергии, мес.

Срок окупаемости на основании дизельной электростанции, мес.

Срок окупаемости на основании газовой электростанции, мес.

Рисунок 53 – Рамка «Срок окупаемости»

Результаты каждого подбора заносятся в базу данных «Заявки», где фиксируется часть исходных данных, потребление, выбранное оборудование и стоимость станции (рисунок 54).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	№ клиента	Дата обращения	Населенный пункт	Использование	Потребление в сутки	Инвертор	Аккумулятор	Количество АКБ	Солнечный модуль	Количество СМ	Контроллер	Стоимость станции
2	1	01.05.17	Красноярск	Летнее	13060	UMX-NG 5KVA 48V MPPT	One-Sun OSB 12-100	4	Sunways ФСМ-170М	8	Входит в инвертор	198360
3	2	02.05.17	Минусинск	Летнее	8460	UMX-NG 5KVA 48V MPPT	One-Sun OSB 12-72	4	One-Sun 250P	4	Входит в инвертор	151800
4	3	03.05.17	Ачинск	Круглогодичное	12945	UMX-NG 5KVA 48V MPPT	One-Sun OSB 12-100	4	Sunways ФСМ-260P	10	Входит в инвертор	255820
5	4	04.05.17	Лесосибирск	Летнее	4460	SSP 1kVa 40A MPPT	Delta HRL 12-140	2	One-Sun 150P	4	EPSolar VS3048AU	102755
6	5	05.05.17	Кодинск	Круглогодичное	6468	UMX-NG 3KVA 24V MPPT	MNB-200	2	Sunways ФСМ-260P	5	Входит в инвертор	164340

Рисунок 54 – Фрагмент таблицы «Заявки»

В общем виде электронный сервис с результатами расчета выглядит следующим образом (рисунок 55).

Расчет экономической эффективности оборудования

Основные исходные данные

Электрические приборы	Номинальная мощность	Количество часов работы в сутки	Количество приборов
Электр. водонагреватель	2000	2	1
Стиральная машина	2000	2	1
Электр. плита	1000	1	1
Холодильник (с автооткл.)	300	4	1
Микроволновая печь	1000	0,2	1
Компьютер	100	4	1
Лампы освещения	10	4	10
Телевизор	150	2	1
Насос	300	0,5	1
Чайник	2000	0,2	1
Зарядное устройство тел.	10	2	3
Аудио-видео система	150	4	1
Пылесос	1000	0,1	1
Кухонные электр. приборы	1000	0,1	2
Электроинструмент	500	0,1	1
Прибор 1	0	0	0
Прибор 2	0	0	0
Прибор 3	0	0	0
Прибор 4	0	0	0

Дополнительные исходные данные

Ближайший населенный пункт: Красноярск

Использование: Летнее

Стоимость проведения сетевого электричества, руб.: 30000

Стоимость киловатта сетевого электричества, руб.: 4

Рассчитать

Комплектация станции

	Наименование	Количество	Цена, р.	Стоимость, р.
Инвертор	UMX-NG 5KVA 48V MPPT	1	61640	61640
Аккумуляторы	One-Sun OSB 12-100	4	12320	49280
Солнечные модули	Sunways ФСМ-170М	8	10930	87440
Контроллер	Входит в инвертор	0	0	0
Итого				198360

Срок окупаемости

Стоимость киловатта, руб.: 3.55

Срок окупаемости на основании сетевой электроэнергии, мес.: 5

Срок окупаемости на основании дизельной электростанции, мес.: 9.7

Срок окупаемости на основании газовой электростанции, мес.: 10.1

Рисунок 55 – Электронный сервис

После завершения программной реализации алгоритмического обеспечения сервиса были предложены следующие варианты интеграции данного обеспечения.

Размещение на веб-сайте. Электронный сервис реализован с помощью языка программирования VisualBasicforApplication, что позволяет в будущем произвести интеграцию сервиса в веб-сайт. Это предоставит возможность клиентам (в том числе потенциальным) произвести расчеты по эффективности (или целесообразности) использования солнечной энергии при имеющемся энергопотреблении в конкретном населённом пункте. Однако, если интегрировать полный функционал электронного сервиса в веб-сайт, то после того, как клиенты им воспользуются, они могут приобрести оборудование у конкурентов. Также сервисом могут воспользоваться конкуренты в своих целях, что крайне нежелательно. Для целей частичной интеграции в веб-сайт сервис должен отображать все расчеты, кроме комплектации оборудования (рисунок 56).

X

Расчет экономической эффективности оборудования

Основные исходные данные

Электрические приборы	Номинальная мощность	Количество часов работы в сутки	Количество приборов	Электрические приборы	Номинальная мощность	Количество часов работы в сутки	Количество приборов
Электр. водонагреватель	2000	2	1	Чайник	2000	0,2	1
Стиральная машина	2000	2	1	Зарядное устройство тел.	10	2	3
Электр. плита	1000	1	1	Аудио-видео система	150	4	1
Холодильник (с автооткл.)	300	4	1	Пылесос	1000	0,1	1
Микроволновая печь	1000	0,2	1	Кухонные электр. приборы	1000	0,1	2
Компьютер	100	4	1	Электроинструмент	500	0,1	1
Лампы освещения	10	4	10	Прибор 1	0	0	0
Телевизор	150	2	1	Прибор 2	0	0	0
Насос	300	0,5	1	Прибор 3	0	0	0

Дополнительные исходные данные

Ближайший населенный пункт: Красноярск

Использование: Летнее

Стоимость проведения сетевого электричества, руб. 30000

Стоимость киловатта сетевого электричества, руб. 4

Рассчитать

Итоги расчета

Стоимость киловатта, руб.	Стоимость станции, руб.	Срок окупаемости на основании дизельной электростанции, мес.	Срок окупаемости на основании газовой электростанции, мес.	Срок окупаемости на основании сетевой электроэнергии, мес.
3.55	198360	9.7	10.1	5

Рисунок 56 – Пользовательская форма электронного сервиса для размещения на веб-сайте

На данный момент электронный сервис функционирует в автономном режиме и используется специалистами для предварительных расчетов и формирования комплектации станции.

3.3 Оценка экономической эффективности внедрения информационной системы

До ввода сервиса в эксплуатацию расчет эффективности использования оборудования и его подбор происходили вручную, что являлось причиной следующих проблем.

1. Неточные расчеты. При воспроизведении алгоритма до внедрения электронного сервиса периодически возникали ошибки в расчетах. По этой причине редко, но возникали ситуации, когда необходимо было заново комплектовать станцию в связи с несоответствием оборудования друг другу или в связи с отключением оборудования из-за перегрузок.

Неточные расчеты заключаются не только в вычислительных ошибках. Изначально расчеты не учитывали среднесуточное количество солнечных часов в конкретном населённом пункте и стоимость выработки электроэнергии другими источниками. По этой причине очень приблизительно производились следующие расчеты: суммарная выработанная мощность станции за период эксплуатации; стоимость кВт электроэнергии; сроки окупаемости станции. Комплектация станции производилась без расчетов коэффициентов приоритетности оборудования по цене и возможности применения, что являлось причиной неоправданно высокой стоимости станции. Последнее, как и расплывчатые сроки окупаемости, «отпугивало» клиентов.

2. Временные затраты. По описанному в пункте 3.1 алгоритму расчеты на каждом этапе занимали определённое время. Специалисты, занимаясь расчетом и подбором оборудования, тратили не менее 30 минут.

В среднем в неделю поступает 12 заявок на подбор оборудования. В общей сложности в неделю специалист тратит 6 часов на расчет станций. Временные затраты на внесение исходных данных равны менее 1 минуты (при наличии точной анкеты с заранее заполненной исходной информацией). Таким образом, специалист экономит около 6 часов рабочего времени в неделю или 51 минуту в день на выполнение других операций.

3. Отсутствие базы данных с заявками. Заявки вносились «вручную» (что, кстати, тоже занимало определённое время специалиста) и не содержали в себе исходных данных, а также полной информации о проданном оборудовании и его комплектации. Несистематизированная база данных не позволяла производить аналитику. Автоматизированное формирование базы данных заявок способствует, во-первых, экономии времени на заполнении базы данных заявок в пользу выполнения других обязанностей. Во-вторых, полная и систематизированная база данных позволяет проводить анализ следующих показателей продаж:

– Сезонность. Определив, в какие месяцы года спрос является наибольшим, возможно заблаговременно произвести доставку оборудования на

склад. Тогда клиентам не придётся ожидать необходимое оборудование, что практически исключает переход клиента к конкурентам или вовсе отказ от предоставляемых товаров и услуг. Анализ сезонности также позволяет заблаговременно принять решение о найме дополнительных бригад специалистов по монтажу оборудования. Руководству не придётся в сжатые сроки искать бригады, или нагружать постоянные бригады сверхурочной работой, что может сказаться на качестве предоставляемых услуг.

– Показатели наибольшего спроса на определённые наименования. Проанализировав, с какими характеристиками оборудование покупается чаще всего, становится возможным заранее закупить востребованные модели. Это, в свою очередь, позволяет сэкономить на доставке, а также наладить контакты с теми поставщиками, чьё оборудование наиболее востребовано. И, как было сказано выше, наличие оборудования на складе «удерживает» клиента.

– Наиболее перспективные населённые пункты для продаж. Перспективность реализации в определённом населённом пункте возможно определить с помощью электронного сервиса двумя способами. Первый способ – анализ базы данных заявок. Большой поток заявок с одного или нескольких близлежащих населённых пунктов говорит о том, что в этих населённых пунктах имеются проблемы с электроснабжением, которые возможно решить с помощью солнечных электростанций. Второй способ – это анализ базы данных среднесуточных солнечных часов в месяц. Домохозяйства, находящиеся в населённых пунктах с наибольшим числом солнечных часов в сутки, являются перспективными для внедрения солнечных электростанций. Произведённая аналитика позволит компании определить целевую аудиторию по географическому признаку. Имея такую информацию, компания может увеличить прибыль и повысить уровень продаж, размещая наружную рекламу вблизи населённых пунктов, а также открыв новые филиалы.

Таким образом, разработка и внедрение электронного сервиса по расчету экономических характеристик оборудования освобождает большое количество времени специалистам, в разы повышает точность расчетов, позволяет проана-

лизировать оборудование с наибольшим спросом, и, кроме того, способствует вычислению целевой аудитории, что, в свою очередь, возможно использовать в целях увеличения прибыли компании, а также её расширения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основные характеристики российской электроэнергетики [Электронный ресурс]: Министерство энергетики Российской Федерации – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/node/532> (Дата обращения: 08.01.2017).
2. Стандарт организации ОАО РАО «ЕЭС РОССИИ» – Требования к организации и осуществлению процесса, техническим средствам, 2007 г.
3. Потребление электроэнергии в ЕЭС России в 2016 году увеличилось на 1,8% по сравнению с 2015 годом [Электронный ресурс]: Министерство энергетики Российской Федерации – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/node/6934> (Дата обращения: 08.01.2017).
4. Выработка электроэнергии в 2016 году в энергосистеме России выросла на 2,1% [Электронный ресурс]: Информационное агентство «Rambler News Service (RNS)» – Режим доступа: <https://rns.online/energy/Virabotka-elektroenergii-v-2016-godu-v-energosieme-Rossii-virosla-na-21-2017-01-11/> (Дата обращения: 08.01.2017).
5. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2016 году : Системный Оператор Единой энергетической системы
6. Основные показатели [Электронный ресурс]: Министерство энергетики Российской Федерации – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/node/1161> (Дата обращения: 08.01.2017).
7. Большая советская энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия 1969–1978.
8. Отчет о функционировании электроэнергетики за 2016 год : Министерство энергетики Российской Федерации
9. Влияние ТЭС на окружающую среду [Электронный ресурс]: Проект SavePlanet.su – Режим доступа : http://www.saveplanet.su/articles_114.html (Дата обращения: 15.01.2017).

10. Сидорова Г.П., Крылов Д.А., Якимов А.А. Экологическое воздействие угольных ТЭС на окружающую среду – Вестник Забайкальского государственного университета 9(124), 2015
11. Окружающая среда [Электронный ресурс] : Федеральная служба государственной статистики – Режим доступа : http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment (Дата обращения: 15.01.2017).
12. Щепанский И.С. Эколого-правовые проблемы обеспечения энергетической безопасности России – автореферат диссертации – Москва, 2013 г.
13. Конторович А.Э. Безумный, безумный, безумный, безумный мир, или Будущее глобальной энергетики [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://scfh.ru/files/iblock/84e/84e31205b7784f4a0fb3c953eda5313e.pdf> (Дата обращения: 15.01.2017).
14. Жилина И.Ю. Прогнозы развития нефтяной и газовой отраслей. (сводный реферат): Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 2: Экономика. Реферативный журнал 3, 2013 С. 57-64
15. Гидроэлектростанция [Электронный ресурс]: Справочник технического переводчика – Режим доступа: <http://intent.gigatran.com/article/?id=5903> (Дата обращения: 22.01.2017).
16. Преимущества и недостатки гидроэлектростанций [Электронный ресурс]: Новая энергия – Режим доступа : <http://www.enersy.ru/energiya/preimuschestva-i-nedostatki-gidroelektrostantsiy.html> (Дата обращения: 22.01.2017).
17. Достоинства и недостатки гидроэнергетики [Электронный ресурс] Alta Empresa – Режим доступа : <http://altaempresa.ru/dostoinstva-i-nedostatki-gidroenergetiki/> (Дата обращения: 22.01.2017).

18. Царев Е.М. Экологические проблемы водохранилищ, образовавшихся на лесных территориях – Лесной вестник. Forestry bulletin №3, 2003
19. Экологические последствия строительства и эксплуатации водохранилищ [Электронный ресурс] Студенческая библиотека онлайн – Режим доступа :http://studbooks.net/879325/ekologiya/ekologicheskie_posledstviya_stroitelstva_ekspluatatsii_vodohranilisch (Дата обращения: 22.01.2017).
20. Влияние ГЭС на водные биоресурсы в среде их обитания [Электронный ресурс] Студопедия – Режим доступа :http://studopedia.ru/9_167676_vliyanie-ges-na-vodnie-bioresursi-i-sredu-ih-obitaniya.html (Дата обращения: 22.01.2017).
21. Кондратова А.М., Куимова М.В. О достоинствах и недостатках гидроэлектростанций // Молодой ученый. – 2015. – №9. – С.465-467.
22. ГОСТ 19431-84 Энергетика и электрификация. Термины и определения
23. Преимущества атомной энергетики [Электронный ресурс] Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» – Режим доступа :<http://www.rosatom.ru/about-nuclear-industry/preimushchestva-atomnoy-energetiki/> (Дата обращения: 29.01.2017).
24. Международная шкала ядерных событий (ИНЕС) [Электронный ресурс] Федеральное государственное унитарное предприятие «Ситуационно-Кризисный Центр Федерального агентства по атомной энергии» – Режим доступа :http://www.skf.ru/info/Scale_INES (Дата обращения: 29.01.2017).
25. Шумский А.Н. Анализ экологических последствий использования АЭС // Актуальные проблемы энергетики: материалы 71-й научно-технической конференции студентов и аспирантов – Минск: БНТУ, 2015. – С.461-462.
26. Это страшное слово: ОЯТ [Электронный ресурс] Российское атомное общество – Режим доступа :<http://www.atomic-energy.ru/smi/2014/05/29/49243> (Дата обращения: 29.01.2017).

27. Объединённая энергосистема России [Электронный ресурс] Системный оператор Единой энергетической системы – Режим доступа: http://so-ops.ru/?id=oes_siberia (Дата обращения: 29.01.2017).

28. Об утверждении схемы и программы перспективного развития электроэнергетики Красноярского края на период 2016-2020: распоряжение от 22 августа 2016 года N 447-рг // [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/444703029> (Дата обращения: 05.02.2017).

29. Промышленное производство [Электронный ресурс] Федеральная служба государственной статистики – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial/ (Дата обращения: 05.02.2017).

30. Городов Р.В., Губин В.Е., А.С. Матвеев. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии – учебное пособие – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009 – 294 с.

31. Ежегодник 2016 (Global Energy Statistical Yearbook 2016) [Электронный ресурс] Мировая энергетическая статистика Enerdata – Режим доступа: <https://yearbook.enerdata.ru> (Дата обращения: 05.02.2017).

32. Вальехо Мальдонадо Пабло Рамон Энергосберегающие технологии и альтернативная энергия: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 204 с.

33. Елистратов, Виктор Васильевич. Солнечные энергоустановки. Оценка поступления солнечного излучения : учебное пособие / В.В. Елистратов, Е.С. Аронова; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет – СПб., 2012.

34. Куликова Е.А., Головин А.А. Возможности применения альтернативных источников энергии // Энергетика, электропривод, энергосбережение и экономика предприятий, организаций, учреждений: Материалы молодежной межрегиональной научно-практической конференции 25 апреля 2013 г. – Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2013 – с. 73 – 79.

35. Interactive Tool: Global Historical PV market 2000–2015 [Электронный ресурс] The PV Market Alliance: Режим доступа – <http://www.pvmarketalliance.com/the-report/> (Дата обращения: 12.02.2017).
36. A Snapshot of Global PV (Отчет Международного энергетического агентства) [Электронный ресурс] International Energy Agency: Режим доступа – http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/PICS/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2015_-_Final_2_02.pdf (Дата обращения: 12.02.2017).
37. Лукутин Б. В., Суржикова О. А., Шандарова Е. Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. – М.: Энергоатомиздат. – 2008. – 231 с.
38. Лукутин Б. В., Муравлев И. О., Плотников И. А. Системы электроснабжения светровыми и солнечными электростанциями. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2015. – 128 с.
39. Зубкова М. К. К вопросу об использовании солнечной энергии // Состояние, проблемы и перспективы развития социально ориентированного строительного комплекса на региональном уровне Материалы II Российской научно-технической интернет-конференции, посвященной 10-летию Себряковского филиала ВолгГАСУ и 60-летию ВолгГАСУ. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2012. – с. 184 – 186.
40. Абдурахмонов Х. А. Классификация солнечных электростанций и особенности их применения в децентрализованном электроснабжении // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2017/2197/26780> (Дата обращения: 12.02.2017).
41. Степура Ю. П., Усков А. Е., Григораш О. В., Квитко А. В. Возобновляемые источники энергии

и: термины, определения, достоинства и недостатки // Труды КубГАУ. – Краснодар, 2011, №5, с. 189–192.

42. Тропин В.В., Григораш О.В., Оськина А.С. Об эффективности и целесообразности использования возобновляемых источников электроэнергии в Краснодарском крае // Политический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №09(083). С. 506–517.

43. Евтушенко И.В., Попучиева М.А., Григораш О.В. Классификация и основные способы построения солнечных электростанций // Научный журнал КубГАУ, №124(10)–2016–С. 1453 – 1466.

44. Григораш О.В., Стрелков Ю.И. Нетрадиционные автономные источники электроэнергии // Промышленная энергетика, №4, 2001, с. 37–40.

45. Григораш О.В., Степура Ю.П., Сулейманов Р.А. и др. Возобновляемые источники электроэнергии. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 272 с.

46. Михеев П.Ю. Эксергетический анализ жизненных циклов энергетических объектов // Мир современной науки. 2012. №5 С. 46-55.

47. Иванов Кирилл Игоревич Жизнеспособность альтернативной энергетики в экономике России // Интернет-журнал Науковедение. 2014. №1(20) С. 15.

48. Дубинин Дмитрий Владимирович, Лаевский Виктор Евгеньевич Энергетическая эффективность работы солнечных батарей в реальных режимах эксплуатации // Известия ТПУ. 2015. №3 С. 58-62.

49. Чечулин Виктор Львович О долгосрочном экологическом равновесии при использовании солнечных батарей // Вестник ПГУ. Биология. 2013. №1 С. 49-51.

50. Усков Антон Евгеньевич, Гиркин Артём Сергеевич, Дауров Адам Вячеславович Солнечная энергетика: со

стояниеиперспективы//НаучныйжурналКубГАУ-
ScientificJournalofKubSAU.2014.№98С.364-380.

51. Дайч-
манР.А.Факторы,влияющиенавыработкуэлектроэнергиииветроустановки//Приво-
лжскийнаучныйвестник.2016.№1(53)С.41-43.
52. АлехинаЕкатеринаВладимировнаОсновныеаспектыветроэнергетики
//ИзвестияТулГУ.Техническиенауки.2013.№12-2С.8-12.
53. Григора-
шО.В.Возобновляемыеисточникиэлектроэнергии/О.В.Григораш,Ю.П.Степура,Р
.А.Сулеймановидр.Краснодар,2012,с.272.
54. БезрукихП.П.Ветроэнергетика.Справочноеиметодическоепособие.–
Directmedia,2013.
55. Безру-
ких,П.П.СправочникпоресурсамвозобновляемыхисточниковэнергииРоссииимес-
тнымвидамтоплива(показателипотерриториям)/П.П.Безруких.–
М.:«ИАЦЭнергия»,2007.–272с.
56. GlobalWindStatis-
tics2016[Электронныйресурс]TheGlobalWindEnergyCouncil(Глобальный Совет
по ветроэнергетике) Режим доступа :[http://www.gwec.net/wp-
content/uploads/vip/GWEC_PRstats2016_EN_WEB.pdf](http://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2016_EN_WEB.pdf)(Датаобращения:
26.02.2017).
57. ИнформационнаяСистемаПоЭнергетическимРеакторам[Электронн
ыйресурс] Режим доступа :<https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>(Датаобращения:
26.02.2017).
58. КвиткоАндрейВикторо-
вич,ГончаровАнатолийАндреевичКвопросуклассификациииосновныетребовани
якпроектированиюветроэлектрическихустановок//НаучныйжурналКубГАУ-
ScientificJournalofKubSAU.2014.№97С.593-605.

59. ГОСТ Р 51990-2002—

Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. — Введ. 01.07.2003. — Москва: ИПКИЗдательство стандартов, 2003. — 12 с.

60. Физические основы технологий ветрогенерации: Экологические аспекты ветроэнергетики [Электронный ресурс] Электронный образовательный портал: Режим доступа: <http://eef.misis.ru/sites/default/files/lectures/2-4-5%282%29.pdf> (Дата обращения: 26.02.2017).

61. Жуковина А. А. Геотермальная энергетика // Актуальные проблемы естественнонаучного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека. 2016. № 2. С. 143 – 145.

62. Гарипов М. Г., Гарипов В. М. Геотермальная энергетика // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 14. С. 202-204.

63. Милошенко О. В. Некоторые особенности развития геотермальной энергетики // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 33-40.

64. Глобальный отчет о состоянии возобновляемой энергетики: Основные результаты 2016 [Электронный ресурс] REN21 — Режим доступа: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/> (Дата обращения: 05.03.2017).

65. Матвеева В. М., Адельмурзина И. Ф. География геотермальной энергетики в России и мире // Новая наука: проблемы и перспективы. 2016. № 3-2 (67) С. 38-40.

66. Коновалова Ольга Евгеньевна, Иванова Елена Анатольевна. Малая гидроэнергетика: проблемы, трудности и пути их преодоления // Труды Кольского научного центра РАН. 2013. № 2 (15) С. 64-75.

67. Аванесов А. Д., Болобошко Д. С., Ланин Е. Б., Огурцов Г. К. Обзор перспектив развития объектов малой гидроэнергетики в России и анализ решения про-

блем, связанных с их строительством и эксплуатацией Научные исследования. 2017. №1(12). С. 101-104.

68. Самигуллин Р.И.

Использование энергии приливов и отливов морей и океанов // Аллея науки. 2017. № 7. С. 705-708.

69. Панчен-

ко А.В. Биотопливо как альтернативный источник энергии // Энергобезопасность и энергосбережение. 2007. № 6. С. 14-18.

70. С.С. Позняк, О.И. Родькин, О.А. Кучинский Мы выбираем будущее альтернативной энергетикой: Учебно-методическое пособие / . – Мн.: 2009.

71. Сухоручки-

на Т.Ю., Атращенко О.С. Проблемы развития возобновляемых источников энергии в России Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2016. №2(14). С. 40-43.

72. Мингалеева Р.Д., Зайцев В.С., Бессель В.В. Оценка технического потенциала ветровой и солнечной энергетики России // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2014. № 3. С. 84–92.

73. Венцю-

лис Л.С. Создание и использование возобновляемых источников энергии – основное направление повышения экономической и экологической эффективности энергетики России // Региональная экология. 2016. №1(43). С. 102-107.

74. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 N 1-р (ред. от 28.02.2017) «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2024 года»

75. Сухоручки-

на Т.Ю., Атращенко О.С. Проблемы развития возобновляемых источников энергии в России // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2016. № 2 (14). С. 40-43.

76. Отбор проектов ВИЭ на 2016–2019 годы [Электронный ресурс] Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности – Режим доступа: <https://gisee.ru/articles/analytics/57969> (Дата обращения: 19.03.2017).

77. Технико-экономическая оценка возможности использования возобновляемых источников энергии на территории Красноярского края в разрезе муниципальных образований края. Том I «Вопросы энергодефицита»: отчет о НИР / ФГАОУ ВПО СФУ; рук. Е.А. Бойко; исполн.: В.Н. Тимофеев [и др.]. – Красноярск, 2013. – 402 с.

78. Лукутин, Б.В., Суржикова, О.А., Шандорова, Е.Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении: монография. // М.: Энергоатомиздат. – 2008. – 231 с.

79. Потребление электроэнергии Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральная служба государственной статистики - Режим доступа : http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industry/# (Дата обращения: 19.03.2017).

80. Технико-экономическая оценка возможности использования возобновляемых источников энергии на территории Красноярского края в разрезе муниципальных образований края. Том II «Ветроэнергетика»: отчет о НИР / ФГАОУ ВПО СФУ; рук. Е.А. Бойко; исполн.: В.Н. Тимофеев [и др.]. – Красноярск, 2013. – 351 с.

81. Технико-экономическая оценка возможности использования возобновляемых источников энергии на территории Красноярского края в разрезе муниципальных образований края. Том III «Гидроэнергетика»: отчет о НИР / ФГАОУ ВПО СФУ; рук. Е.А. Бойко; исполн.: В.Н. Тимофеев [и др.]. – Красноярск, 2013. – 359 с.

82. Технико-экономическая оценка возможности использования возобновляемых источников энергии на территории Красноярского края в разрезе муниципальных образований края. Том IV «Солнечная энергетика»: отчет о

НИР / ФГАОУ ВПО СФУ; рук. Е.А. Бойко; исполн.: В.Н. Тимофеев [и др.]. – Красноярск, 2013. – 215 с.

83. Лукутин Б.В., Суржикова О.А., Шандарова Е.Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.

84. Иванова, Алена Алексеевна. Проект ЛЭП 10 кВ пос. Арадан от генерирующего объекта на базе возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс] : выпускная квалификационная работа бакалавра : 13.03.02 / А. А. Иванова. — Красноярск : СФУ, 2016.

85. Сахаров А.С., Жаворонок А.В. Развитие альтернативной энергетики Германии // Экономика России В XXI веке сборник научных трудов XII Всероссийской научно-практической конференции «Экономические науки и прикладные исследования»; Томский политехнический университет. 2015. С. 436-439.

86. Квитко Андрей Викторович, Хицкова Алина Олеговна Характеристики ветра, особенности расчёта ресурса и экономической эффективности ветровой энергетики // Научный журнал КубГАУ - Scientific Journal of KubSAU. 2014. №97 С.359-374.

87. Технико-экономическая оценка возможности использования возобновляемых источников энергии на территории Красноярского края в разрезе муниципальных образований края. Том V «Биоэнергетика»: отчет о НИР / ФГАОУ ВПО СФУ; рук. Е.А. Бойко; исполн.: В.Н. Тимофеев [и др.]. – Красноярск, 2013. – 364 с.

88. Технико-экономическая оценка возможности использования возобновляемых источников энергии на территории Красноярского края в разрезе муниципальных образований края. Том VI «Предложения»: отчет о НИР / ФГАОУ ВПО СФУ; рук. Е.А. Бойко; исполн.: В.Н. Тимофеев [и др.]. – Красноярск, 2013. – 197 с.

89. Бамурзин Ф.К., Беззубцева М.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ // Материалы VIII Международной студенческой

электронной научной конференции «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.scienceforum.ru/2016/1415/17884 (Дата обращения: 09.04.2017).

90. И.М.Кирпичникова, Е.В.Соломин Теоретические основы использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии: методические указания к лабораторным работам. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 33 с.

91. Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, А.И. Муравлев Исследование автономной системы электроснабжения на базе ветрогенератора и солнечного модуля // Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 62 с.

92. Винников Анатолий Витальевич, Денисенко Евгений Александрович, Долбенко Дмитрий Витальевич К вопросу выбора солнечной фотоэлектрической станции // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. 2015. №108. С.1284-1294

93. Погода в России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://russia.pogoda360.ru> (Дата обращения: 19.04.2017)

94. Интернет-магазин ЭнергоСтройХолдинг [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://es-holding.ru> (Дата обращения: 24.04.2017)

95. RussianEngineeringGroup [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.generator1.ru> (Дата обращения: 24.04.2017)